



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huandoval – Ancash, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Sharon Keith Paucar Garcia

ASESOR:

Ms. Rita Jaqueline, Cabello Torres

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

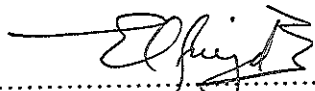
LIMA – PERÚ

2018


El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) *Paucar Garcia, Sharon Keith*; cuyo título es: "*Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huandoval – Ancash, 2018*"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número) dieciseis letras).

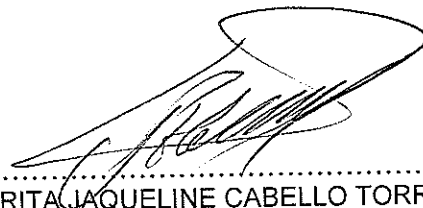
Lima Este (o Filial) 19 de julio del 2018.



.....
 EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN
 PRESIDENTE



.....
 FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI
 SECRETARIO



.....
 RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
 VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Dedicatoria

Con todo mi cariño para mi mamá Bernardina Garcia y mi hermosa hermana Helen Paucar, así como para mi familia que siempre a estado en todo momento.

Declaratoria de autenticidad

Yo, Sharon Keith Paucar Garcia con DNI N° 77484954, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 19 de 07 de 2018



SHARON KEITH PAUCAR GARCIA

DNI: 77484954

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de roca de la Quebrada Puca, distrito Huandoval – Ancash, 2017”, cuyo objetivo fue evaluar en qué medida la capacidad del sistema de tratamiento pasivo influye en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental. La investigación consta de seis capítulos.

En el primer capítulo se presenta la realidad contextual de la generación de drenaje ácido de roca o mina en nuestro país, para el cual se plantea un sistema de tratamiento pasivo asistido por bacterias sulfato reductoras para controlar el drenaje ácido, seguidamente se detalla el método y la metodología que se implementó para la ejecución del sistema de tratamiento, en el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos en la implementación y ejecución del sistema de tratamiento pasivo, así como el análisis de estos en el laboratorio. En el capítulo siguiente se realizó la discusión entre la tesis y trabajos desarrollados anteriormente los cuales presenten características similares a la realizada, posteriormente en el capítulo quinto se ostenta las conclusiones a las cuales llegó la presente tesis. Finalmente, en el capítulo sexto se presenta las recomendaciones a fin de que futuros investigadores puedan tomarlas en consideración.

Sharon Keith Paucar Garcia

Resumen

La actividad minera está asociada a distintos impactos ambientales, uno de estos es la generación de drenaje ácido de roca, la cual debe ser controlada y remediada para no producir lixiviados ácidos, con presencia de iones metálicos, provocando la degradación de cuerpos hídricos, ya que este afecta gravemente al desarrollo de las plantas y la vida acuática, la cual puede persistir durante décadas degradando el ambiente.

Al respecto, la precedente investigación presenta una alternativa para remediar, compensar y mitigar este impacto, a través de un sistema pasivo el cual aprovecha las condiciones del lugar, los sustratos orgánicos y es potenciado por el uso de bacterias sulfato reductoras las cuales, como parte de su desecho metabólico, generando una reducción desasimilatoria del sulfato del ciclo del azufre. Por ello la presente tesis tiene por objetivo evaluar en qué medida la capacidad del sistema de tratamiento pasivo puede influir en la mejora de la calidad del drenaje ácido.

La investigación es experimental, con un diseño de investigación de tipo cuasi experimental, dado que solo se observó cual era el efecto del drenaje ácido de mina al transcurrir por los componentes del sistema de tratamiento pasivo, en la que a través de métodos APA se determinó la concentración de metales pesados, sulfato, pH y conductividad, llegándose a la conclusión de que el sistema presenta un 96% de eficiencia.

Palabras clave: Bacterias Sulfato reductoras, sulfuro de hidrogeno biogénico.

Abstract

The mining activity is associated with different environmental impacts, one of these is the generation of acid rock drainage, which must be controlled and remediated in order not to produce acid leachates, with the presence of metallic ions, causing the degradation of water bodies, since This seriously affects the development of plants and aquatic life, which can persist for decades degrading the environment.

In this regard, the previous research presents an alternative to remedy, compensate and mitigate this impact, through a passive system which takes advantage of the conditions of the place, the organic substrates and is enhanced by the use of reducing sulphate bacteria which, as part of its metabolic waste, generating a desasimilarría reduction of the sulfur of the sulfur cycle. Therefore, this thesis aims to assess the extent to which the capacity of the passive treatment system can influence the improvement of acid drainage quality.

The research is experimental, with a research design of quasi-experimental type, given that only the effect of acid mine drainage was observed as it passed through the components of the passive treatment system, in which APA methods were determined the concentration of heavy metals, sulfate, pH and conductivity, reaching the conclusion that the system presents a 96% efficiency.

Key words: Reducing Sulfate Bacteria, Biogenic Hydrogen Sulfide

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	4
1.2 Trabajos previos	6
1.3 Teorías relacionadas al tema	12
1.3.1 Drenaje Acido de Mina o Roca	12
1.4 Formulación del problema	18
1.5 Justificación del estudio	18
1.5.1 Hipótesis.....	21
1.6 Objetivos	22
II. MÉTODO	23
2.1 Diseño de la investigación	24
2.2 Variables, operacionalización	24
2.2.1 <i>Variables</i>	24
2.2.2 <i>Operacionalización de las variables</i>	25
2.3 Población y muestra	26
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	33
2.5 Métodos de análisis de datos	53
2.6 Aspectos éticos	53
III. RESULTADOS	54
IV. DISCUSIÓN	62
V. CONCLUSION	63
VI. RECOMENDACIONES	64
VII. REFERENCIAS	65
ANEXOS	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Matriz de Operacionalización de las variables	25
Cuadro 2	Coordenadas de ubicación del punto de Aforo	26
Cuadro 3	Ubicación de estaciones de muestro de la Calidad de Agua.....	29
Cuadro 4	Ubicación del punto de muestreo de rocas	31
Cuadro 5	ECA para Agua – Parámetros a evaluados	32
Cuadro 6	Resultados de medición <i>In Situ</i>	34
Cuadro 7	Clasificación de aguas residuales de mina según White.....	35
Cuadro 8	Clasificación del drenaje según Morin y Hutt	35
Cuadro 9	Resultados Físico – Químicos e Inorgánicos	37
Cuadro 10	Ubicación de las Estaciones Meteorológicas	41
Cuadro 11	Resultado de pH de cada componente del sistema de tratamiento “A” ..	55
Cuadro 12	Resultado de Al, Fe, Mn, Zn- STP “A”.....	56
Cuadro 13	Análisis de Varianza – Parámetro pH	58
Cuadro 14	Comparación de parejas de Tukey	59
Cuadro 15	Análisis de Varianza – ANOVA – Sulfatos	59
Cuadro 16	Comparación de parejas por el método de Tukey.....	60
Cuadro 17	Análisis de Varianza – ANOVA - Aluminio	60
Cuadro 18	Comparación de Parejas por el Método de Tukey	60
Cuadro 19	Análisis de Varianza – ANOVA - Hierro	61
Cuadro 20	Comparación de Parejas por el Método de Tukey	61
Cuadro 21	Análisis de Varianza – ANOVA - Manganeso	61
Cuadro 22	Comparación de Parejas por el Método de Tukey	61
Cuadro 23	Análisis de Varianza de ANOVA – Zinc	62
Cuadro 24	Comparación de Parejas por el Método de Tukey	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de operacionalización de las variables de la investigación	81
---------	---	----

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Diseño del Sistema de Tratamiento Pasivo	52
---------	--	----

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1	Ubicación de las Estaciones de muestreo de la calidad del agua.....	30
Mapa 2	Clasificación Climático según SENAMHI.....	40
Mapa 3	Hidrología de la Microcuenca Puca	46
Mapa 4	Ubicación de las estaciones Meteorológicas	47

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	Wetland – Comarsa	20
Fotografía 2	Humedal Quebrada Tucush – Antamina	20
Fotografía 3	Medición del Caudal – Método Correntómetro	26
Fotografía 4	Resultados de Conductividad Eléctrica de cada uno de los componentes del STP “A”	91
Fotografía 5	Resultados de Conductividad Eléctrica de cada uno de los componentes del STP “B”	92
Fotografía 6	Resultados de Solidos Totales Disueltos de cada uno de los componentes del STP “A”	93
Fotografía 7	Resultados de Solidos Totales Disueltos de cada uno de los componentes del STP “B”	94
Fotografía 8	Resultados de Potencial de Hidrogeno de cada uno de los componentes del STP “A”	95
Fotografía 9	Resultados de Potencial de Hidrogeno de cada uno de los componentes del STP “B”	96
Fotografía 10	Resultados de Sulfatos de cada uno de las celdas orgánicas y del humedal del STP “A”	97
Fotografía 11	Resultados de Sulfatos de cada uno de las celdas orgánicas y del humedal del STP “B”	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Data meteorológica – SENAMHI	72
Anexo 2	Drenaje acido – zona naciente de la Quebrada Puca.....	73
Anexo 3	Registro de los puntos de muestreo de la calidad de agua	74
Anexo 4	Registro del punto de muestreo de roca – Carretera local Canyuguran	75
Anexo 5	Instrumento de recolección de datos.....	76
Anexo 6	Informe de opinión en relación a la validez del instrumento de investigación	77
Anexo 7	Instrumento de la Columna Winogradsky	78
Anexo 8	Reactivos para la elaboración del cultivo Postage C	79

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los ecosistemas acuáticos han sido sometidos a una fuerte presión de explotación y cambio en el uso de la tierra, afectándose la calidad del agua por las actividades que se desarrollan asociadas a las cuencas hidrográficas (Branco, 1984).

La actividad minera ha crecido de manera significativa en el Perú, dado que en 1990 los gobiernos adaptaron la legislación minera con fines de atraer inversión extranjera, hecho que contribuyó con la economía peruana, al respecto la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, manifiesta que el Perú ocupa el segundo lugar en la exportación de Plata y Cobre, tercero en Zinc y Estaño, cuarto en Plomo y Molibdeno, y sexto en Oro (1p.).

Sin embargo, esto también ha conllevado a una serie de consecuencias negativas en el ambiente, debido a que esta actividad modifica el área en el que se va a llevar a cabo el proyecto, removiendo grandes cantidades de rocas y suelo, a las que se denomina ganga que es aquel material estéril o inútil que acompaña el mineral, una de las características que tienen las minas del norte y del centro del Perú es la abundancia de la pirita la cual forma parte de la ganga, la cual está constituida por sulfuro de hierro que al entrar en contacto con el aire atmosférico (oxígeno) y el agua, generándose paulatinamente drenaje ácido de roca, esta posteriormente se ve potenciada por la presencia de bacterias oxidantes, lo cual conlleva a la degradación de los recursos hídricos, ya que acidifica el agua, la cual representa un fuerte impacto para los ecosistemas acuáticos y terrestres, afectando las quebradas que sirven de sustento para el consumo de las poblaciones cercanas, así como para el regadío de cultivos y consumo de los animales.

Al respecto en Perú, recién se viene tomando conciencia de esta problemática ya que según el inventario de pasivos ambientales mineros que realizó el Ministerio de Energía y Minas se registraron más de 8 794 pasivos ambientales de alto riesgo, muchas de estas fueron abandonados sin ningún tratamiento.

Por lo que la presente tesis busca plantear una alternativa sistemática, ecoeficiente, sustentable, viable, económica la cual reduzca los impactos al ambiente, usándose bacterias sulfato reductoras, que puedan potenciar a los tratamientos pasivos, las cuales favorecerán a la precipitación de los metales.

En este contexto la presente tesis tiene como objetivo, evaluar la capacidad del sistema de tratamiento pasivo para mejora la calidad del drenaje ácido de mina ubicada en la Quebrada Puca, del distrito de Huandoval, departamento de Ancash.

1.1 Realidad problemática

Al inicio de la civilización, los primeros habitantes eran nómadas, los cuales cazaban para poder sobrevivir, el cual generaba un impacto leve al ambiente, sin embargo, a medida que fue aumentando la población se incrementaron las necesidades, lo cual conllevó a una mayor generación de residuos y efluentes, los cuales son vertidos sin tener un previo tratamiento, afectando así a la calidad del agua y provocando un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos.

En este contexto la minería es uno de los sectores más agresivos con el ambiente ya que como parte de la exploración y explotación se remueve gran cantidad de rocas y suelo, las cuales presentan trazas de minerales, estas al ser expuestas al oxígeno del aire y al agua generan lixiviados ácidos, caracterizados por presentar una alcalinidad decreciente y una acidez creciente, acompañada de elevadas concentraciones de sulfatos, de iones metálicos y sólidos (totales y disueltos).

Al respecto Chamorro manifiesta que las actividades propias de la minería han venido generando hace siglos enormes impactos ambientales, que aproximadamente hace tres décadas se comenzaron a hacer estudios y considerarlos con mayor seriedad. En la que se estableció como principal generador de DAM, a la pirita (Fe S_2), ya que aportan gran cantidad de acidez debido a la formación de ácido sulfúrico y a las elevadas concentraciones de metales pesados, los cuales pueden generar sedimentos de color rojo – naranja a consecuencia de la precipitación de los óxidos de hierro, los cuales pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la vegetación.

De igual manera Aduvire (2006), considera que los drenaje de minas en operación o abandono generan problemas de contaminación y degradación de los ecosistemas, los cuales incluso pueden llegar a extinguir la vida acuática, así mismo imposibilita el uso de estas para el consumo humano, debido a su acidez y elevada concentración de metales, además de genera daños a las estructuras metálicas, ya que en el proceso de oxidación de una tonelada de pirita, se puede producir casi una tonelada de hidróxido férrico y cerca de, una tonelada y media de ácido sulfúrico.

En este contexto nuestro país cuenta con más de 8794 pasivos ambientales de acuerdo al último inventario de pasivos ambientales realizado por el MINEM, (2018 p. 184), en los que se clasificaron a desmonteras, relaveras, infraestructuras como campamento entre otros.

En parte naciente de la quebrada Puca, la cual está ubicada a más de 4000 m.s.n.m., en esta zona se construyó una carretera local, de aproximadamente dos metros y medio de ancho, por parte de la empresa Minera Tartisan Perú S.A.C, hace más 6 de años, con fines de poder acceder y trasportarse a su zona de exploración.

Sin embargo no se realizó un estudio cinético y estático a la zona rocosa de este cerro, y el lugar donde sería dispuesto todo este material extraído, dado que fue arrojado a las pendiente abajo, y dadas las condiciones climáticas y mineralógica de la zona, se generó drenaje acido, en la que influyeron destinos factores, como el pH, temperatura, la concentración de oxígeno, la presencia de agentes catalizadores, la química del hierro férrico, y la presencia de bacterias *thiobacillus ferroxidans* u otras bacterias, etc, generando lixiviados que se discurren hasta la quebrada Puca.

1.2 Trabajos previos

Cervantes, A., (2014), realizo la tesis titulada: “Caracterización del drenaje ácido y de las rocas asociadas a una mina para evaluar su posible aplicación en un sistema de tratamiento pasivo”, la cual tuvo como objetivo, llevar a cabo la caracterización del DAM generado por la mina Tipaza, así como de las rocas asociadas, a fin de evaluar la posibilidad de utilizar estas rocas en un sistema de tratamiento pasivo. La cual consistió en tomar muestras en dos etapas, en la primera se tomaron muestras de DAM y roca dentro de la mina, en la segunda se tomaron muestras de roca metacalizas y agua neutra de escurrimiento, para tenerla como referencia. Posteriormente se caracterizó el DAM, y la roca. Las cuales después de ser analizadas sobrepasaban los límites máximos permisibles para As, Cd, Cu, Fe y altas concentraciones de sulfuros, así mismo se realizaron pruebas de difracción de rayos x, para poder determinar la presencia de elementos neutralizadores, y finalmente el potencial de neutralización de la roca de las cuales se concluyó que las rocas filita y caliza tiene un elevado potencial de neutralización por lo cual pueden ser usadas para el sistema de tratamiento pasivo. Esta tesis contribuyo en sustentar la elección de usar la roca caliza como medio neutralizante que será usada en la columna caliza.

Díaz (2014), realizo el trabajo de grado, titulada “Estudio de las comunidades bacterianas en el sedimento de un humedal empleado en el tratamiento del drenaje de una mina de carbón”, la cual tiene como objetivo de estudiar algunas comunidades microbiológicas asociadas con los ciclo de nitrógeno, hierro y azufre presente en los sedimentos del humedal, para lo cual se realizaron tres muestreos en el humedal, cada una conformada por 10 sub-muestras, de la cual se presentó aproximadamente 500g, las cuales fueron analizadas en el laboratorio, se determina la presencia de bacterias sulfato reductoras en la que se usó la técnica de NMP en medio Starkeys, (Hwang et, al), adicionalmente se corrobora la producción de H₂S con la técnica de Cord Ruwish (1985), se logró identificar la presencia de BSR en los sedimentos y una redujo de sulfato a lo largo del humedal, siendo la zona del medio la que presenta una mayor acumulación de hierro, dada por la precipitación del sulfuro producido. Los cuales confirma la viabilidad del uso de estos sedimentos como inoculo en lo reactores pasivos para el tratamiento de los DAM. En que contribuyo

Por otra parte, Castillo, J., (2013) realizó la tesis titulada: “Procesos biogeoquímicos de sulfato-reducción involucrados en la remediación de los drenajes ácidos de mina y las balsas de fosfoyeso”, la cual tuvo como objetivo optimizar un sistema basado en la actividad sulfato-reductora para disminuir las altas concentraciones de sulfato y Zn del DAM. Se aislaron y enriquecieron bacterias sulfato – reductoras altamente resistentes a los ambientes extremos esto se realizó a través de inóculos obtenidas en áreas circundantes a minas abandonadas y en la planta de aguas residuales, estos serán sometidos a concentraciones elevadas de sulfato y Zn, en la que se analizó el avance de los contaminantes con el tiempo y también con el crecimiento bacteriano.

Después de haber realizado distintos estudios se concluyó que el río Tinto contiene bacterias sulfato reductoras de forma natural que podrían contribuir a la inmovilización de los metales a través de la reducción del sulfato a sulfuro, lo que contribuye a que los metales precipiten en forma de sulfuros metálicos insolubles en condiciones anoxias, esto apoya a la posibilidad de un tratamiento debido a la remediación. Además, que en todos los experimentos se logró una precipitación del 100% de los metales, además de determinarse que el estiércol de caballo fue el mejor donante de electrones (tasa de eliminación de sulfato 61%), así mismo como de mostrar un mayor crecimiento bacteriano y una gran concentración de especies de azufre reducido. El presente estudio aportó en la elección de uno de los sustratos (excremento de caballo) que se evaluó como medio para el desarrollo de las bacterias sulfato reductoras.

Ordoñez, A. (1999), presento su tesis doctoral, titulada “Sistemas de Tratamiento Pasivo para Aguas Ácidas de Mina, experiencia en Laboratorio, Diseño y Ejecución”, analizo diversos tratamientos pasivos, con la finalidad de establecer el sistema que resulte más eficiente y pueda brindar un efluente que no impacte en los cuerpos hídricos, para lo cual realizó distintas experiencias en el laboratorio, para poder determinar la eficiencia de los distintos sistemas de tratamiento pasivo como: el sustrato orgánico en celdas saturadas, drenaje anóxico calizo, sistema de producción sucesiva de alcalinidad, entre otros.

Concluyo en que el sistema mixto “SAPS – Celdas de oxidación -Humedal de laboratorio” para agua de mina sintética, fue el que presento mayor eficiencia en este sistema el cual concluyo en la reducción de la acides calculada, el contenido en sulfatos, en manganeso, hierro y aluminio respectivamente en un 98%, 32%, 92%, 100 %,100%, y se incrementó pH en más de 4 unidades. La tesis apporto una noción de la configuración del sistema de tratamiento, para poder obtener un agua de calidad de acuerdo a las características del drenaje a tratar.

Así mismo Díaz, J. (2013), realizo la tesis titulada: “Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje acido generado por la actividad minera en el municipio de Marmato-Caldas”. Esta investigación estudio al drenaje acido de mina de Cascabel y tuvo como objetivo establecer alternativas de tratamiento biológico y químico, ya que según estudios previos es la que menor pH presenta de las 27 minas que drenan aguas acidas a la quebrada Cascabel, la metodología usada fue experimental de tipo cuantitativo, se realizó la toma de muestras del DAM en tres días diferentes las cuales fueron enviadas par su caracterización con esto se pudo establecer la alternativa de tratamiento, para esto estas fueron trabajadas en una prueba piloto las cuales fueron divididas en 2, una fue sometida inicialmente a un proceso fisicoquímico y a la otra parte se le agrego hidróxido de sodio 1 molar, después de esto el agua fue tratada, la otra muestra fue tratada después de 3 días para poder ver cuál era la eficiencia del procedimiento.

La cual concluyo que al realizar la prueba piloto se observó que las concentraciones de sulfatos que se encontraba en 506.58 mg/L se redujeron a 401.55 mg/L, además de la reducción de otras concentraciones de metales como el hierro de 1.275 a 0.199 mg/L, cadmio paso de 0.367 a 0.151 mg/L y el aluminio redujo su concentración de 2,38 a inferiores de 0.555 mg/l, con lo que se garantiza la eficiencia del proceso.

La investigación proporciono la metodología para poder determinar la presencia de bacterias sulfato reductoras en muestras de sedimentos en condiciones aerobias y anaerobias.

1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Al respecto Jurado, D., (2016), realizó la tesis titulada: “Diseño piloto del sistema de Tratamiento pasivo de infiltraciones provenientes del depósito de material inadecuado de minera la Zanja, Perú”, en la Universidad Politécnica de Cataluña. La investigación desarrollo una prueba piloto a escala mediana in situ la mina se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca y tuvo como objetivo el evaluar y seleccionar el sistema de tratamiento que mejor se adecue a las infiltraciones provenientes del DMI Este, así como de analizar la vegetación que se encuentra en el área de la UM La Zanja o en sus inmediaciones para su aprovechamiento.

Se realizó un estudio detallado de las condiciones ambientales del área además de seleccionar un sistema de tratamiento el cual inicia en una poza de colección, seguido de un SAPS, posteriormente una poza de sedimentación y finalmente un wetland. Por lo que después de haberse realizado todos los estudios pertinentes, se llegó a la conclusión de que el área no presenta condiciones extremas que puedan afectar el rendimiento. Además, en el área de estudio se encuentra materiales y especies que pueden adaptarse rápidamente, así como suelo de bosque, suelo orgánico, piedra caliza y especies nativas con potencial a remover metales del agua. El estudio mostro los distintos tipos de sistemas de tratamiento pasivo lo cual apoyo en la selección del tratamiento que se adecua a las características que presenta la muestra de drenaje acido de mina con el que se trabajara.

Mientras que Córdova R. & Rojas J., (2015), realizaron la investigación en: “Alcalinización con travertino y desmineralización de aguas acidas de minas en simulador de humedal a nivel laboratorio”, La investigación tuvo como objetivo alcalinizar con travertinos y desmineralizar el fierro y manganeso de las aguas acidas del Túnel Kingsmill a nivel laboratorio, además de establecer el tamaño óptimo del travertino para la alcalinización, el humedal se construyó con totora para reducir el contenido de Fe y Mn. Los análisis de a las aguas acidas producidas por la mineras aledañas al Rio Mantaro resultaron con 79,768 ppm de fierro y en manganeso con 17,733 ppm los elementos principales en la formación de las aguas acidas, la columna que se construyó con travertinos

ayudo a llevar de un pH de 2,8 a 7,4 obteniendo así un agua casi neutra con un tamaño de 0.75 pulgadas el tamaño más óptimo del travertino, además el Fe y el Mn se redujeron de 79, 768 y 17,733 a 0,027 y 0,205 respectivamente en condiciones de 0,75 a 0,5 pulgadas del travertino en la que se demostró la mayor eficacia de reducción.

Por su parte Inga, E., (2011), realizó la tesis titulada: "Tratamiento de efluentes por el método de pantanos artificiales (Wetland)". Los estudios fueron realizados en la mina COMARSA, la cual tiene por objetivo desarrollar un sistema en el que el sustrato y la especie vegetal contribuyan a que estas aguas puedan ser vertidas al río Ucumal. Para lo cual se usó como pre tratamiento una cascada de aireación para que pueda favorecer a la oxidación natural y potenciar el desarrollo de volatilización al entrar en contacto con el CO₂ del aire. Después de esto se realizaron pruebas de neutralización con caliza variando la granulometría en la que la más eficiente fue de +3/4" en la que se obtuvo como resultados un pH de 3.02 a 7.10 y la concentración de sulfatos de 1792.45 a 78.48 así como el Fe y el As de 32.14 y 2,46 respectivamente a 0.08 y 0.12. Después de haber encontrado la granulometría correcta se procedió a buscar los sustratos adecuados, los cuales concluyeron que la configuración N° 6 (aserrín, caliza, tierra negra y guano) es la más viable siendo este un proceso mixto aerobio y anaerobio dado que removió los metales pesados, los sólidos en suspensión e incrementó el pH en las que predominaron las celdas del proceso Wetland como sistema anaerobio donde los sedimentos orgánicos ricos pueden soportar la presencia y crecimiento de las BSR como el *Desulfovibrio* presente en la celda de guano – estiércol, por otro lado la precipitación aeróbica en la que se generó H₂S que contribuyó a la precipitación de los metales. La tesis aportó en el diseño del sistema de tratamiento que se estudiara así mismo oportó la granulometría de la roca caliza que se tomara en cuenta ya que fue la que mayor eficiencia demostró en el tratamiento.

Así mismo Chambe, M., (2008), realizó la tesis titulada: "Evaluación de los métodos químicos y biogénico para el tratamiento del drenaje ácido de mina a escala laboratorio", UNMSM. La cual tiene por objetivo determinar la eficacia del método biogénico y el tratamiento químico (con cal) a escala laboratorio, además de identificar y cuantificar un consorcio de BSR nativas de los Pantanos de Villa con la finalidad de determinar aquella que tenga mayor eficiencia en la producción de H₂S. Para lo cual se tomaron 3 puntos de muestreo, en la que se identificó a las especies *Desulfovibrio*, *Sulfuromas* y *Desulfococcus*. Por otro lado, se logró aislar, cuantificar e identificar un consorcio bacteriano formado por los *Desulfovibrio*, *Sulfuromas* y *Desulfococcus*, las que se investigaron a través de experimentos Batch la cual consistió en un matraz Erlenmeyer de 1000 ml de capacidad con 500 mL de DAM Y 15 g de cada uno de los estiércoles usados como soporte o donador de electrones y se inoculó con 50 mL de cada uno de los consorcios microbianos. Las experiencias realizadas a escala laboratorio determinaron que el método biogénico, es más eficiente técnicamente ya que, se logró reducir el Cu, Fe, Pb, Zn, Ca hasta valores que se encuentran dentro de los LMPs y los sulfatos se redujeron hasta 125 ppm además de que en este método no se generan lodos de hidróxidos inestables como los que se generan en el tratamiento químico, sino sulfuros de los metales precipitados que incluso pueden ser recuperado para su comercialización.

Esta tesis permite conocer cuál es el medio en el que se desarrollan y cuáles son las condiciones que deben tener las BSR para poder producir H₂S dado que esta contribuye a la precipitación de los metales, además contribuir a establecer el lugar del cual se muestreara los sedimentos la recolección de las bacterias sulfato reductoras.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Drenaje Acido de Mina o Roca

Según Tarbuck, nuestro planeta es uno de los cuatro planetas más rocosos del sistema solar, la cual está integrada por tres tipos de rocas, clasificadas en función a su origen se dividen en tres, rocas ígneas (formadas durante el enfriamiento del magma fundido), sedimentarias (depositadas por el agua y por el viento) y metamórficas (ígneas o sedimentarias transformadas por el calor y/o presión) (2005, 5 párr.), estos son agregados naturales los cuales están formados por uno o más minerales.

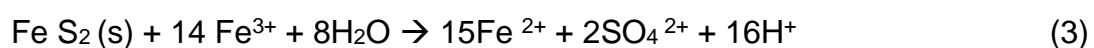
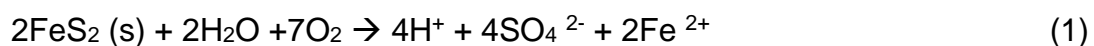
Por su parte Strunz divide a los minerales en nueve clases, perteneciendo los sulfuros, piritas y afines a la Clase II, dado que este mineral está compuesto por hierro en un 46.52 % y por azufre en un 53.48%, esta suele presentarse en forma de cristales aislados en forma de cubos, las caras normalmente presentan rayas con estrías, de color amarillo opaco con brillo metálico. su génesis es muy variada y se puede encontrar en formaciones hidrotermales, depósitos sedimentarios, así como presente en pequeñas cantidades en rocas ígneas, así como asociada a la galena, calcopirita y sulfuros. (1938, 1 pág.)

La pirita es el sulfuro más común en la naturaleza, estos son muy insolubles bajo las condiciones reductoras que existen en el sub suelo o en las grandes formaciones de rocas. Pero la exposición de estos minerales a condiciones atmosféricas desestabiliza su estructura mediante reacciones de oxidación. El agente para que se produzca este proceso puede ser el oxígeno (O_2) o el hierro férrico (Fe^{3+}), este proceso conlleva a una disminución del pH, liberación de sulfatos y Fe, junto con algunos otros elementos traza que puedan estar presentes tales como (Al, Zn, Mn, As, Cd, Co, Ni, Pb, etc).

Así mismo, otro factor que influye en la aceleración de este proceso, es la intervención de determinados microorganismos como los *Acidithiobacillus ferroxidans*, *Leptospirillum ferroxidans* y *Acidithiobacillus thiooxidans*, que tiene su desarrollo óptimo en condiciones de pH ácido, catalizando las reacciones de oxidación y obteniendo energía de este proceso. Principalmente en el aumento de tasa de oxidación de Fe⁺² a Fe⁺³, que es el factor limitante de todo el proceso de forma abiótica, ya que al incrementarse las concentraciones de Fe⁺³ se produce un incremento de la oxidación indirecta de la pirita, que genera más Fe⁺² y de nuevo se oxida a Fe⁺³, de manera que estas reacciones se retroalimentan en un ciclo sin fin.

Por su parte Nordstrom y Alpers (1999) manifiestan que el proceso de oxidación de los materiales sulfuros involucra varios procesos químicos y biológicos que pueden variar significativamente dependiendo de las condiciones ambientales geológicas y climática, Así mismo explica que hay una docena de procesos hidrogeoquímicos importantes que pueden explicar la oxidación de la pirita, como principal causa de la formación de aguas ácidas.

El proceso de formación del drenaje ácido de mina es un proceso complejo ya que influyen varios procesos físicos, químicos y biológicos, dentro de estos se da la producción, liberación, movilidad y atenuación de los contaminantes. Esa así que las reacciones que se dan en la oxidación de la pirita pueden estar simbolizadas por estas cuatro ecuaciones:



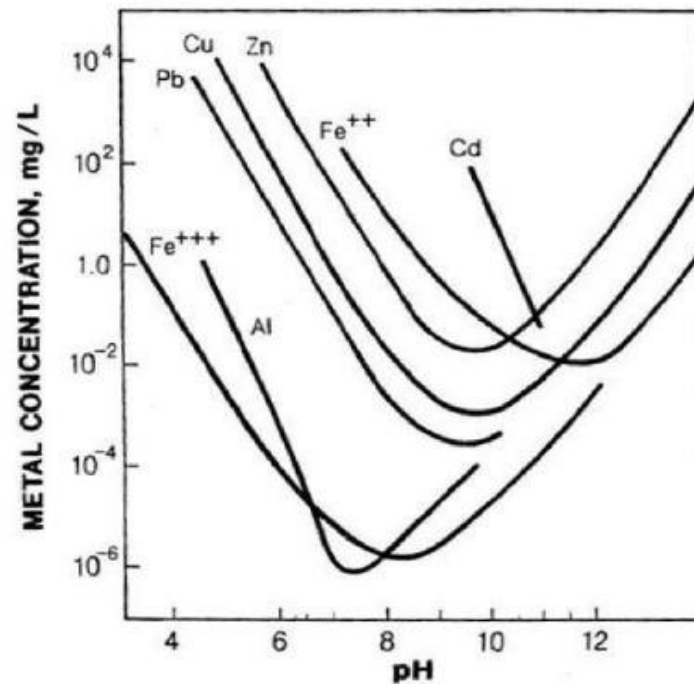
La primera reacción (1) representa la oxidación de la pirita, este es un proceso lento, en el que se incrementan los sólidos totales disueltos y se presenta una disminución del pH, la cual puede ser mitigada dependiendo del poder neutralizante del medio.

Sin embargo, si el poder neutralizador del medio va reduciéndose (2), se genera la oxidación del ion Fe^{+2} al Fe^{+3} , que es un proceso muy lento a valores bajos de pH, tal como se presentan en el drenaje ácido de roca.

Así mismos en la tercera (3) etapa, el pH se encuentra alrededor de 3, en la que el ion férrico formado precipita mediante hidrolisis como hidróxido, disminuyendo el Fe^{3+} en solución, mientras que el pH sigue descendiendo lentamente, así mismo a este pH las bacterias catalizan y aceleran la oxidación del Fe^{+2} a Fe^{+3} . Por otro lado, los cationes férricos Fe^{3+} que se mantiene en solución, pueden seguir oxidando adicionalmente a la pirita y formar Fe^{+2} , SO_4^- y H^+ , produciéndose la cuarta (4) reacción que conjuntamente con la reacción (2) constituyen el ciclo de la disolución de la pirita.

Así mismo Aduvive, manifiesta que para poder establecer el tipo de drenaje es necesario realizar una caracterización al drenaje, en la que se debe, considerar realizar estudios de las condiciones climáticas, geológicas del área de estudio, así como análisis químico (concentración de metales) y físico de las muestras de agua in situ en la que se deben considera los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad.

Figura 1 Hidrolisis de Metales



Fuente: Aduvire (2006)

1.1.1.1 Métodos de Remediación

Los métodos para el control de drenaje ácido de mina se dividen en tres: en método preventivos, de contención o de remediación. En el método de prevención se busca reducir la velocidad de generación de drenaje ácido, esto se puede realizar a través de la cubierta del material sulfuroso impidiendo el contacto con el aire y el oxígeno para el caso de las bocaminas, estas deben ser selladas impidiendo que, entre el oxígeno y el agua por escorrentía, entre otros. El método de contención busca reducir el impacto del drenaje ácido de mina al ambiente, interceptando las aguas de contacto con minerales sulfurosos en pozas, así como construyendo canales de coronación para desviar el agua superficial de manera que estas no entren en contacto con las rocas sulfurosas, entre otras técnicas. El método de remediación, tiene por objetivo tratar el drenaje contaminado este puede ser realizado a través de dos tipos de sistemas activos o pasivos. Los sistemas activos son operaciones continuas en las que se usa energía y productos químicos tales como (lechada de cal, Sulfhidrato de sodio, Cloruro Ferrico, Floculante, entre otros reactivos), mientras que en los sistemas de tratamiento pasivo estos combinan procesos naturales de tipo físico químico y biológico.

Dentro del sistema de tratamiento pasivo influyen las bacterias sulfato reductoras, dado que este es un grupo heterótrofos de organismos anaerobios facultativos. Las bacterias sulfato reductoras son morfológicamente diversas, las cuales están representadas por microorganismos heterótrofos tal como las *Desulfovibrio desulfuricans*, y como autótrofos como los *Desulfobacterium macestii*., estas se caracterizan por ser anaerobias obligadas por lo que se deben cultivar utilizando técnicas anaeróbicas estrictas. Estas se encuentran ampliamente distribuidas en ambientes anóxicos tanto acuáticos como terrestres, tales como pantanos, o a nivel subsuperficial de ambientes acuáticos como sedimentos en los cauces de los ríos, en lodos de plantas de tratamiento de aguas, en áreas petroleras, etc. Existen dos grupos principales de bacterias sulfato reductoras, el primer grupo comprende especies cuyo metabolismo implica la oxidación incompleta del sustrato orgánico a acetato, mientras que el segundo grupo abarca aquellos microorganismos capaces de oxidar completamente la materia orgánica excretando dióxido de carbono. En general las bacterias realizan la oxidación incompleta, estas se caracterizan por ser nutricionalmente menos versátiles y por presentar velocidades de crecimiento más rápidas, estas usan como dador de electrones al lactato, piruvato, butirato y cadenas largas y cortas de ácidos grasos, compuestos aromáticos, entre otros.

La reducción de sulfato también denominada como respiración de los sulfatos, es un proceso de reducción disimilativa. El ion sulfato es utilizado como aceptor de electrones en la oxidación de materia orgánica de bajo peso molecular, generalmente sub sustratos de fermentación anaerobia (Widdel y Hansen, 1991, Vincke et al., 2000), el hidrogeno resultante se desprende hacia el medio como residuo del proceso (Gottschalk, 1986).

El azufre, es uno de los diez elementos más abundantes de la corteza terrestre, algunos depósitos de azufre elemental y algunos yacimientos de sulfuro parecen ser de origen biogénico (Ivanov 1968, citado por Atlas, R. & Bartha R., 1999), la mayoría de los sulfatos son fácilmente solubles en agua, los sulfuros metálicos de las rocas, los depósitos de azufre elemental y los combustibles fósiles son reservorios de azufre inerte en su mayor parte. Algunas actividades como la minería a cielo abierto. Las plantas, las algas y muchos microorganismos heterótrofos, asimilan el azufre en forma de sulfato, para esto el sulfuro debe

reducirse a sulfato mediante la reducción asimilatoria del sulfato, su absorción directa como sulfuro no es posible para la mayoría de microorganismos debido a la elevada toxicidad del H₂S. En la reducción estimuladora de sulfato, se evita la toxicidad con la recepción inmediata del azufre reducido con un aceptor. La descomposición de los compuestos orgánicos de azufre del suelo y de los sedimentos producen mercaptanos y H₂S son causa del mal olor de los huevos podridos y de la col.

Otro de los principales compuestos de azufre que pasan a la atmosfera es el H₂S y los mercaptanos que se escapan hacia la atmosfera, experimentan reacciones de fotooxidación cuyo producto final es algún sulfato. El H₂S también reacciona con el O₂ atmosférico. Si el H₂S no se escapa hacia la atmosfera, puede ser oxidado por los microorganismos en condiciones aeróbicas o ser oxidado fototroficamente en condiciones anoxidas.

En estas condiciones, el sulfato y el azufre elemental puede ser aceptor de electrones mientras que los sustratos orgánicos son oxidados, en la Figura se muestra un breve esquema del ciclo microbiano del azufre.

Algunas especies de *Thiobacillus*, también oxidan el H₂S y otros compuestos reducidos de azufre. Debido a su baja tolerancia a los ácidos, depositan azufre elemental en el lugar de generar ácido sulfúrico, mediante un proceso de oxidación posterior. Estas son bacterias acidofilas crecen bien en pH de 2 a 3 y son quimiolitotrofas obligadas que obtiene su energía unicamnet de la oxidación del azufre inorgánico y el carbono de la reducción del CO₂. La oxidación del azufre produce grandes cantidades de un ácido fuerte. Esta especie y la *T. Ferrodoxidans*, se presenta en la minería microbiana, en la que se deja grandes cantidades de rocas sulfuradas reducidas expuestas a las condiciones del ambiente, la actividad de estos mismos *Thiobacillus* originan un drenaje acido de minas, un fenómeno altamente contaminante y destructivo.

1.4 Formulación del problema

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

1.4.1 Problema general

¿Cuál fue la capacidad del sistema de tratamiento pasivo para mejora la calidad del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018?

1.4.2 Problemas específicos

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿Cuál fue la influencia del diseño del sistema de tratamiento pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018?
- ¿Los parámetros físicos - químicos e inorgánicos, se encuenran dentro de los ECA para agua, después del tratamiento del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018?

1.5 Justificación del estudio

Según la última actualización realizada por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) publicada mediante la R.M. N° 224-2018-MEM/DM, en la que se autorizó se publique la relación de pasivos ambientales, se identificaron más de 8794 pasivos ambientales (chimeneas, botadero, bocaminas, entre otros componentes abandonados de las minas), de los cuales los botaderos pueden generar lixiviados de drenaje acido de acuerdo a la composición mineralógica de esta y de las condiciones climáticas del lugar, generando un impacto adverso a los cuerpos hídricos, principalmente por los iones metálicos disueltos, los cuales afectan la vida acuática e indirectamente a la calidad del agua para el consumo o riego de vegetales.

La presente investigación se realiza por la necesidad de buscar una solución que pueda controlar y mitigar el impacto que genera el drenaje ácido, que se está suscitando en la cabecera de la quebrada Puca, ya que esta es la principal fuente de aguas para población del anexo puca, huacachuque entre otros caseríos cercanos, estas aguas son usadas para el consumo de la población, de los animales y para el riego de los cultivos, es por ello que es necesario controlar este impacto, ya que de darse las condiciones necesarias para la el crecimiento de bacterias oxidantes como los *tiobacillus ferroxidans*, estos potenciaran la oxidación y liberación de iones metálicos.

Por lo que la presente investigación, plantea un sistema de tratamiento pasivo, ya que esta presenta una combinación de procesos físicos y bioquímicos, los cuales son económicamente rentables, no requiere del uso de insumos químicos, ni de un mantenimiento continuo, presenta una fácil operación, eficiente en el tratamiento de aguas ácidas y es sustentable, dado que su tiempo de vida es largo, y amigable con el ambiente adecuándose a la topografía, y se puede usar los recursos que puedan encontrarse en el área de estudio.

Así mismo se plantea el uso de bacterias sulfato reductoras, las cuales favorecerán a la formación de sulfuros metálicos de baja solubilidad, además de neutralizarlo debido a la alcalinidad que se produce en la oxidación microbiana de la fuente de carbono.

Dos minas que han implementado este tipo de sistemas y han demostrado ser eficientes son la mina Comarsa que a través de una planta piloto como se puede apreciar en la **Fotografía 1**, la cual trata el drenaje ácido de los lixiviados o aguas de contacto del botadero Norte tajo Tentedora, la cual viene trabajando exitosamente y ha permitido se pueda verter un efluente aceptable a la quebrada Desaguadero (Inga, 2011, p. 59), del mismo modo Vifian (2014) manifiesta, que la mina Antamina tiene implementada un sistema de tratamiento pasivo en la quebrada Tucush, tal como se puede apreciar en la **Fotografía 2**, la cual trata los lixiviados del botadero Tucush, la que ha conllevado a mejorar la calidad de las aguas para poder ser descargadas a la cuenca del río Ayash, sin afectar la calidad de este cuerpo hídrico. (p. 4).

Fotografía 1 Wetland – Comarsa



Fuente: Inga (2011, p.182)

Fotografía 2 Humedal Quebrada Tucush – Antamina



Fuente: Compañía Minera Antamina S.A.

1.5.1 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

Se plantea la siguiente hipótesis ya que investigaciones anteriores demostraran que este sistema puede ser eficiente, así mismo Pamo y Aduvire (2002), manifiestan que los sistemas de tratamiento pasivo han sido reconocidos por la comunidad científica como una tecnología limpia y eficaz en el control de la contaminación de los efluentes líquidos procedentes de instalaciones mineras

Gelvez & Laverde (2008), han demostrado que las bacterias sulfato reductoras presentan una gran resistencia al contacto con las disoluciones que contiene altas concentraciones de hierro, manganeso, zinc, demostrándose que as colonias pueden sobrevivir y facilitar el tratamiento del DAM las cuales demostraron una remoción de metales del 99%,

Por otra parte, Caraballo (2010), detalla que la planta de tratamiento pasivo de la mina Esperanza ubicada en la faja Ibérica ha mostrado una alta eficiencia, dado que se ha podido remover los contaminantes metálicos del agua en un 100% para el Al, As, Cu, Pb, Cd y 30% para hierro, además de una eliminación del 15% de SO_4^{2-} . (p. 2).

Por lo que la presente tesis se planteó como hipótesis lo siguiente:

HG: La capacidad del sistema de tratamiento pasivo influye significativamente en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

1.6.2 Hipótesis específicas

HE1: El diseño del sistema de tratamiento pasivo influye significativamente en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

HE2: Los parámetros físicos – químicos e inorgánicos se redujeron significativamente, después del tratamiento del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

1.6 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad del sistema de tratamiento pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

1.7.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

OE1: Determinar cómo influyó el diseño del sistema de tratamiento pasivo en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

OE2: Determinar si los parámetros físicos - químicos e inorgánicos se redujeron después del tratamiento del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

II. MÉTODO

2.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue experimental, ya que según Creswell (2009), denomina a los experimentos como estudios de intervención, para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella, y según la clasificación de Campbell y Stanley (1996) esta se ubica en la categoría de cuasiexperimentos dado que los grupos ya están formados y no fueron establecidos al azar.

En esta se manipulo la variable independiente (el sistema de tratamiento pasivo) la cual fue controlado, observado y medido, así mismo se optó por realizar dos sistemas de tratamiento pasivo en paralelo para validar la eficiencia del mismo, los cuales fueron analizados, para lo cual se analizó el drenaje acido antes, durante y después del sistema de tratamiento pasivo, los cuales fueron registrados en los instrumentos que fueron debidamente validados por cinco expertos.

El alcance de la investigación es de tipo explicativo, dado que se explicarán las causas de los fenómenos que se suscitaron en cada uno de los componentes del sistema de tratamiento pasivo, el por qué ocurren y en qué condiciones se presentan, ya que como lo definen Sampieri, Fernández y Bautista, (2010), en el alcance explicativo está dirigida a explicar porque ocurre y en qué condiciones se manifiesta.

Por otra parte, la prolongación en el tiempo es longitudinal, porque se está analizando los cambios que puedan suscitar en un tiempo determinado, los cuales han sido registrados para comparar los datos antes y después del tratamiento de las aguas acidas.

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Variables

- Variable independiente (VI):

Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo

- Variable Dependiente (VD):

Mejora de la Calidad del Drenaje Acido de Mina

2.2.2 Operacionalización de las variables

Cuadro 1 Matriz de Operacionalización de las variables

CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANDOVAL – ANCASH, 2018					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO	El sistema de tratamiento pasivo es un proceso de eliminación secuencial de metales y/o acides en un bio sistema de aspecto natural que combinan procesos naturales de tipo físico, químico y biológico, el cual implica la inmovilización de los precipitados metálicos que se forman. Este puede funcionar durante varios años y representa costos reducidos de ejecución y mantenimiento. (Gusek, 2009, p. 2)	<p>Para la elaboración del diseño del sistema de tratamiento pasivo, se evaluó las condiciones climáticas y topográficas del área para considerar estos criterios en el diseño del STP a fin de que está presente características similares al área de estudio, además se tomaron en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calculo de capacidad del STP y el volumen a tratar de drenaje acido. - Características del drenaje acido a tratar, para diseñar la configuración del sistema de tratamiento pasivo. - Generar las condiciones para que puedan desarrollarse los procesos físicos, químicos y biológicos. 	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO	Dimensiones del sistema	Metros (m)
				Componentes (Roca Caliza, Sustratos, Bacterias Sulfato Reductoras)	Kg
					Litros
			Tiempo de retención	Días	
			REDUCCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	Reducción de Acidez	%
				Reducción de Sulfatos	%
Reducción de Metales	%				
MEJORA DE LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA	<p>La mejora de la calidad del agua debe referirse a que se cumpla con los requisitos para el uso que se pretenda darle. (Orozco, 2011, p.281)</p> <p>Así mismo el D.S. N°004-2017-MINAM, define al estándar de calidad ambiental como la medida que establece el nivel de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. (MINAM, 2017, p. 1)</p>	<p>Para evaluar la mejora de la calidad del drenaje acido, se analizaron los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros Físicos (conductividad y solidos suspendidos), evaluados con una frecuencia diaria durante 19 días. - Parámetros Químicos (pH, sulfatos), evaluados con una frecuencia diaria durante 19 días. <p>Barrido total de iones metálicos atreves del método de espectrometría de masas, con una frecuencia semestral, durante un mes.</p>	PARÁMETROS FÍSICOS	Temperatura	°C
				Conductividad	mS/cm
				Solidos suspendidos	mg/L
			PARÁMETROS QUÍMICOS	pH	6.5 - 7.5
				SO4=	mg/L
				Iones Metálicos (Fe, Al, Zn, Mn)	

Fuente: Elaborado por la autora (Mayo, 2018)

2.3 Población y muestra

2.3.1. Población

La población está conformada por la quebrada Puca la cual está ubicada en el distrito de Huandoval, esta presenta una longitud de 5.3 Km, la cual forma parte de la micro cuenca Puca tal como se aprecia en el **Mapa 3**, ubicada entre los 4480 y 2773 m.s.n.m., y presenta un área total de 6 km²,

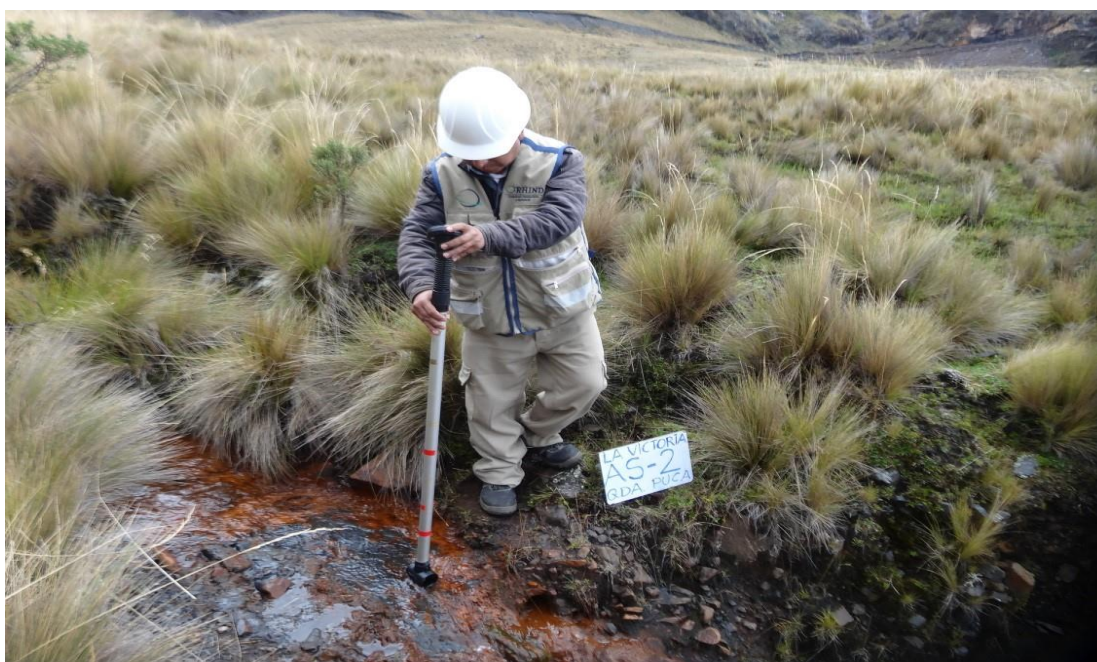
La unidad de análisis es el caudal de la quebrada Puca la cual presento un valor de 2.37 (l/s), medido en época seca, el cual fue determinado mediante el método correntómetro tal como se aprecia en la Fotografía 3, el cual fue medido en la zona naciente de la quebrada Puca, tal como se aprecia en el siguiente cuadro se presenta las coordenadas de ubicación:

Cuadro 2 Coordenadas de ubicación del punto de Aforo

N°	PUNTO DE AFORO	COORDENADAS UTM WGS 84 (ZONA 18 S)		ALTITUD (M.S.N.M.)
		ESTE (M)	NORTE (M)	
01	AS-2	174214	9082514	4055

Fuente: Elaborado en base a la información de Rhind. (2017)

Fotografía 3 Medición del Caudal – Método Correntómetro



Fuente: Rhind (Naciente de la quebrada Puca, 2017)

2.3.2. Muestra

La toma de muestra en campo se llevó a cabo de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales establecido por la Autoridad Nacional del Agua según la resolución jefatural N° 010-2016-ANA, en la que se describe los procedimientos para la toma de muestra, los materiales, la codificación y preservación para las muestras.

Tipo de muestra: las muestras son no probabilísticas o dirigidas, ya que no se hizo uso de un software estadístico, y se estableció los puntos de muestro a conveniencia y facilidad de la investigación.

Sampieri (2010), manifiesta que este tipo de muestreo, la elección depende de las causas relacionadas a las características de la investigación (p. 176).

Por su parte la Autoridad Nacional del Agua mediante el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales, manifiesta que los puntos de control en el cuerpo receptor se deben de ubicar un punto agua arriba a 50 metros aproximadamente y el otro, aguas abajo a una distancia de 200 metros de realizado el vertimiento. (2016, p.18)

Sin embargo, estas distancias referenciales no se pudo aplicar en la zona de estudio ya que, aguas arriba de la zona en la que se está generando el drenaje acido no se aprecia un cause en el que se pueda muestrear, por la presencia de una vegetación tipo oconales, es así que se consideró muestrear 100 metros aguas debajo de la zona de lixiviados, ya que metros debajo de esta se visualizó la formación de pequeños charcos anaranjado rojizos, los cuales se pueden visualizar el **Anexo 1** Data meteorológica – SENAMHI

Anexo 2, y el otro punto se estableció 200 metros aguas abajo del primer punto, con el fin de poder caracterizar la calidad del agua superficial de la quebrada Puca.

Unidad Experimental: Los litros de agua acida recolectados de la quebrada Puca.

Se tomaron muestras puntuales, utilizando en envases de 1 litro (frascos de polietileno debidamente esterilizados y etiquetados) para poder ser identificados en el laboratorio. Para el caso del registro de los parámetros In situ como potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto se usó un multiparámetro Hach (modelo, HQ 40d), tal como se aprecia en el **Anexo 3**, en el que se presentan las fotografías panorámicas de las estaciones de muestreo.

En el siguiente cuadro se detallan las estaciones de muestro y las coordenadas y en el **Mapa 1**, se visualiza la ubicación de las estacione de muestreo de calidad de agua superficial.

Cuadro 3 Ubicación de estaciones de muestro de la Calidad de Agua

N°	CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84 (ZONA 18 S)		ALTITUD (M.S.N.M.)
		ESTE (M)	NORTE (M)	
01	AG-CA-02	174 361	9 082 372	4035
02	AG-PB-02	172 150	9 080 943	3830

Fuente: Información obtenida durante la etapa de campo (2017)

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN:

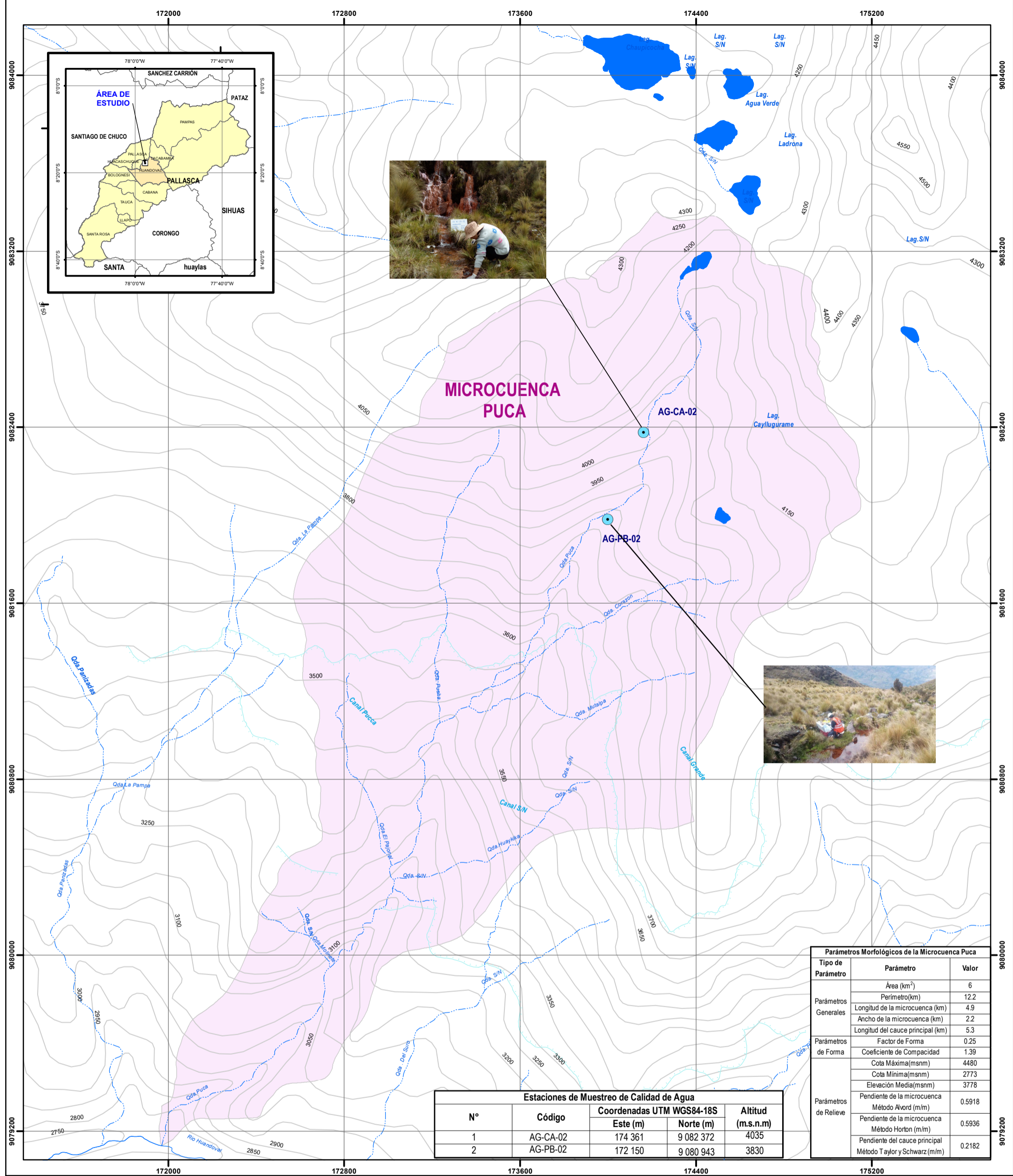
a. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

El Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, indica lo siguiente:

- Cuando los puntos referenciales de 50 m y 200 m aguas arriba y abajo respectivamente, no son representativos, los puntos serán ubicados en sitios representativos
- La muestra debe ser tomada en un punto cercano a la descarga de los lixiviados para poder caracterizar el impacto de estos.

b. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Se excluye el agua presente en oconales.



N°	Código	Coordenadas UTM WGS84-18S		Altitud (m.s.n.m)
		Este (m)	Norte (m)	
1	AG-CA-02	174 361	9 082 372	4035
2	AG-PB-02	172 150	9 080 943	3830

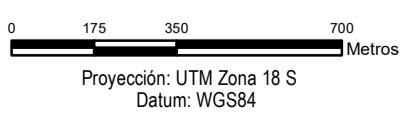
Tipo de Parámetro	Parámetro	Valor
Parámetros Generales	Área (km ²)	6
	Perímetro(km)	12.2
	Longitud de la microcuenca (km)	4.9
	Ancho de la microcuenca (km)	2.2
Parámetros de Forma	Longitud del cauce principal (km)	5.3
	Factor de Forma	0.25
	Coefficiente de Compacidad	1.39
Parámetros de Relieve	Cota Máxima(msnm)	4480
	Cota Mínima(msnm)	2773
	Elevación Media(msnm)	3778
	Pendiente de la microcuenca Método Avord (m/m)	0.5918
	Pendiente de la microcuenca Método Horton (m/m)	0.5936
	Pendiente del cauce principal Método Taylor y Schwarz (m/m)	0.2182

LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL
- LAGUNA
- QUEBRADAS
- CANAL
- RIO

SIMBOLOGÍA

- ESTACIONES DE CALIDAD DE AGUA
- MICROCUECNA PUCA
- ÁREA DE ESTUDIO ZONA 1



UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANOVAL – ANCASH, 2018

TÍTULO: CUENCA HIDROGRÁFICA Y ESTACIONES DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA

PREPARADO POR: SHARON PAUCAR

CODIGO: PY 171124

ESCALA: 1:16,000

MAPA: 5-20

DISEÑO: SP

APROBADO: SV

SIG: VP

VERSION: V1

REVISADO: EM

FECHA: Abr. 2018

FUENTE: La data utilizada para este mapa fue definida en campo en Diciembre 2017.

Así mismo, se tomaron 20 kilos aproximadamente de muestras de rocas de la carretera local Canyuquran, mediante una muestra compuestas de distintos puntos de la zona a fin de obtener una muestra representativa de esta. Estas fueron muestreadas a fin de tener el material para simular la generación de drenaje ácido con los 10 litros que fueron tomados de la quebrada Puca.

En el siguiente cuadro se presenta la ubicación del punto que se muestrearon las rocas y en el **Anexo 4**, presenta la ficha de registro del punto de muestreo y una imagen de la zona.

Cuadro 4 Ubicación del punto de muestreo de rocas

N°	CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84 (ZONA 18 S)		ALTITUD (M.S.N.M.)
		ESTE (M)	NORTE (M)	
01	RO-CA-02	174 888	9 081 906	4168

Fuente: Información obtenida durante la etapa de campo (2017)

Para el muestreo en campo del agua se enjuaga el frasco tres veces con el agua de la quebrada para eliminar posibles sustancias que alteren la muestra, la cual fue vertida aguas abajo, la muestra fue tomada al ras del flujo hídrico inclinando levemente la botella, para la preservación y conservación de la muestra se añadió 4 gotas de HNO₃, para el análisis de metales totales en el laboratorio Inspectorate S.A.C., los otros 10 litros fueron transportados intactos en un cooler con hielo para realizar la simulación de la generación de drenaje ácido con las rocas que fueron muestreadas. Para los muestreos se usaron los siguientes materiales, equipos y reactivos:

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"> - Envase de polietileno de 1 litro - Bolsas Ziploc de 1 kilo - Marcador Indeleble - Cadena de custodia, libreta de campo y lapicero - Cooler, guantes descartables. - Pizarra 	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido Nítrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Multiparámetro - Correntómetro - GPS - Cámara fotográfica

Fuente: Elaboración de la autora (2018)

Por otra parte, los resultados obtenidos en la etapa de campo para la evaluación de la calidad del agua de la quebrada Puca, se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, aprobado mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM. Los parámetros evaluados se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5 ECA para Agua – Parámetros a evaluados

ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM) CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES				
Parámetros		D1: Riego de Vegetales		D2: Bebida de Animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de Animales
Físicos - químicos	Conductividad	2 500		5 000
	(DBO ₅)	15		15
	DQO			
	Potencial de Hidrógeno (pH)	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
	Sulfatos	1000		1 000
	Temperatura	3		3
Inorgánicos	Aluminio	5		5
	Arsénico	0,1		0,2
	Bario	0,7		**
	Berilio	0,1		0,1
	Boro	1		5
	Cadmio	0,01		0,05
	Cobre	0,2		0,5
	Cobalto	0,05		1
	Cromo Total	0,1		1
	Hierro	5		**
	Litio	2,5		2,5
	Magnesio	**		250
	Manganeso	0,2		0,2
	Mercurio	0,001		0,01
	Níquel	0,2		1
	Plomo	0,05		0,05
	Selenio	0,02		0,05
Zinc	2		24	

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

La técnica utilizada para evaluar la capacidad el sistema de tratamiento pasivo para mejorar la calidad del drenaje acido de mina de la quebrada Puca, fue la técnica de observación, la Sampieri (2010), define como un método de recolección de datos sistemático, validado y confiable de comportamientos y situaciones observables.

Se aplicó esta técnica de observación, ya que, en la investigación, se llevó un control diario de los parámetros como (pH, conductividad, sulfatos, STD), de cada uno de los componentes del sistema de tratamiento pasivo (“A” y “B”) y un control semanal del agua post-tratamiento de ambos sistemas, para conocer concentración de metales totales, a través del método de espectrometría de masas.

El instrumento de recolección de datos se presenta en el **Anexo 5**.

2.4.2. Validez y confiabilidad

La validez del instrumento se realizó a través de la validación de criterio por profesionales que en su amplia experiencia han realizaron trabajos de investigación relacionados al tema. Los cuales aprobaron el instrumento con un promedio de 95 %, las fichas de validación de instrumento realizada por los cinco expertos se presenta en el **Anexo 6**.

La confiabilidad es el grado en el que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes (Hernández, 2010), es así que se aplicó una confianza del 5% en el programa Minitab 18.

SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO

Antes de elegir el sistema de tratamiento que se aplicó, se realizó la caracterización geoquímica, hidrológica, climatológica y topográfica de la zona de estudio para que el diseño del sistema de tratamiento pueda ser lo más representativo. (Aduvire, 2006, p. 93)

CARACTERIZACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO DE LA QUEBRADA PUCA

En el siguiente cuadro, se presenta el resultado de los parámetros medidos *In situ*, medido en la estación "AG-PB-02".

Cuadro 6 Resultados de medición *In Situ*

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
01	Conductividad	µs/Cm	646
02	Temperatura	°C	10.9
03	Oxígeno Disuelto	Mg/L	6.82
04	Potencial de Hidrogeno	Ph	5.97

Fuente: Información obtenida durante la etapa de campo (2017)

La quebrada Puca en el punto que se tomó la muestra presento una temperatura de 10.9 °C, este es un parámetro importante ya que influye en la solubilidad del oxígeno disuelto el cual presento un valor de 6.82 mg/L, el cual puede disminuir a medida que aumente la temperatura, la conductividad registrada determina una concentración elevada de sales disueltas tales como $SO_4^{=}$, Fe y Mn, presento un valor de 646 (µs/Cm) el cual se encuentra dentro del límite estándar establecido por el ECA para Agua del D.S. N° 004 - 2017-MINAM- Categoría III.

De acuerdo al resultado de pH medido in situ se clasificado a la muestra según White (1986), el cual hace una clasificación de las aguas residuales de mina en función al pH y los agrupa en 6 categorías:

Cuadro 7 Clasificación de aguas residuales de mina según White

CLASE	PH
Altamente acidas	1,5 a 4,5
Blandas, ligeramente acidas	5,0 a 7,0
Duras, Neutras Alcalinas	7,0 a 8,5
Blandas, Alcalinas	7,5 a 11,0
Muy Salinas	6,0 a 9,0
Blandas Ácidas	3,5 a 5,5,

Fuente: White 1986, citado por Aduvire (2006, p.2)

Considerándose esta clasificación la muestra estaría posicionada en la clase de ligeramente acidas, ya que en la medición con el multiparámetro presento un valor de 5.97 unidades de pH.

Por su parte Morin y Hutt (2001), clasifican el drenaje en función a las cuatro categorías los cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 8 Clasificación del drenaje según Morin y Hutt

CLASE	PH	DESCRIPCIÓN
Ácido	<6	<ul style="list-style-type: none"> - Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros. - Asociado a minas metálicas, carbón y piritas.
Alcalino	> 9 ó 10	<ul style="list-style-type: none"> - Alta alcalinidad generada por disoluciones de minerales básico, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos. - Niveles de algunos metales como Al son mayores que en lo drenajes casi neutros - Asociado con minería de diamantes, molienda de bauxita, ceniza de combustión de carbón.
Casi neutro	6-9 ó 10	<ul style="list-style-type: none"> - Dependiendo de la abundancia de los minerales, en determinados periodos puede ser acido o alcalinos. - Concentración de metales disueltos algunas veces puede exceder niveles tóxicos.
Otros	Irrelevante	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden afectar la concentración de metales - Asociados a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, bentonitas, gravas, arcillas etc

Fuente: Morin y Hutt (2001), citado por Aduvire (2006, p.3)

Según el resultado de pH medido in situ en la quebrada Puca, se registró un valor de 5.97, por lo cual la calidad del agua, estaría ubicada en la clase denominada como acida, dado que es <6 .

Por otra parte, la muestra se encuentra ligeramente debajo del rango del ECA para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM, el cual considera como límite menor 6.5, por lo que esta presenta condiciones ligeramente ácidas.

En el siguiente cuadro se presentarán los resultados de los parámetros físico – químicos obtenidos en la evaluación de la calidad de agua superficial de los dos puntos evaluados, cauce de la quebrada Puca y en los charcos con presencia de DAR.

Cuadro 9 Resultados Físico – Químicos e Inorgánicos

Parámetros		CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			Análisis de DAR Huandoval (26-11-18) Cauce Quebrada Puca	Análisis de DAR Huandoval (09-12-18) Charcos de DAR	
		Unidad de Medida	D1: Riego de Vegetales				D2: Bebida de Animales
			Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido			Bebida de Animales
Físicos - químicos	Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000	646	1250
	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4	5.97	2.75
	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L					
	Sulfatos	mg/L	1000		1 000	699	1753
	Temperatura	°C	3		3	10.9	11
Inorgánicos	Aluminio	mg/L	5		5	6.14	14.764
	Arsénico	mg/L	0,1		0,2	0.0016	0.0437
	Bario	mg/L	0,7		**	0.0011	0.062
	Berilio	mg/L	0,1		0,1	0.0006	0.00006
	Boro	mg/L	1		5	0.0039	0.197
	Cadmio	mg/L	0,01		0,05	<0.0002	<0.0002
	Cobre	mg/L	0,2		0,5	0.0041	0.1115
	Cobalto	mg/L	0,05		1	0.0008	0.04452
	Cromo Total	mg/L	0,1		1	<0.0005	0.0006
	Hierro	mg/L	5		**	14	30.04
	Litio	mg/L	2,5		2,5	0.0019	0.0016

Parámetros		CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			Análisis de DAR Huandoval (26-11-18) Cauce Quebrada Puca	Análisis de DAR Huandoval (09-12-18) Charcos de DAR	
		Unidad de Medida	D1: Riego de Vegetales				D2: Bebida de Animales
			Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido			Bebida de Animales
Inorgánicos	Magnesio	mg/L	**		250	73.65	
	Manganeso	mg/L	0,2		0,2	8.08	
	Mercurio	mg/L	0,001		0,01	0.0001	
	Níquel	mg/L	0,2		1	0.0011	
	Plomo	mg/L	0,05		0,05	0.0031	
	Selenio	mg/L	0,02		0,05	0.0002	
	Zinc	mg/L	2		24	2.99	

Fuente: Elaborado en base a la información obtenida durante la evaluación en campo por Rhind, (2017)

Donde se puede observar que ninguno de los parámetros físico químicos sobrepasa, a excepción del pH el cual se encuentra debajo del límite inferior del ECA.

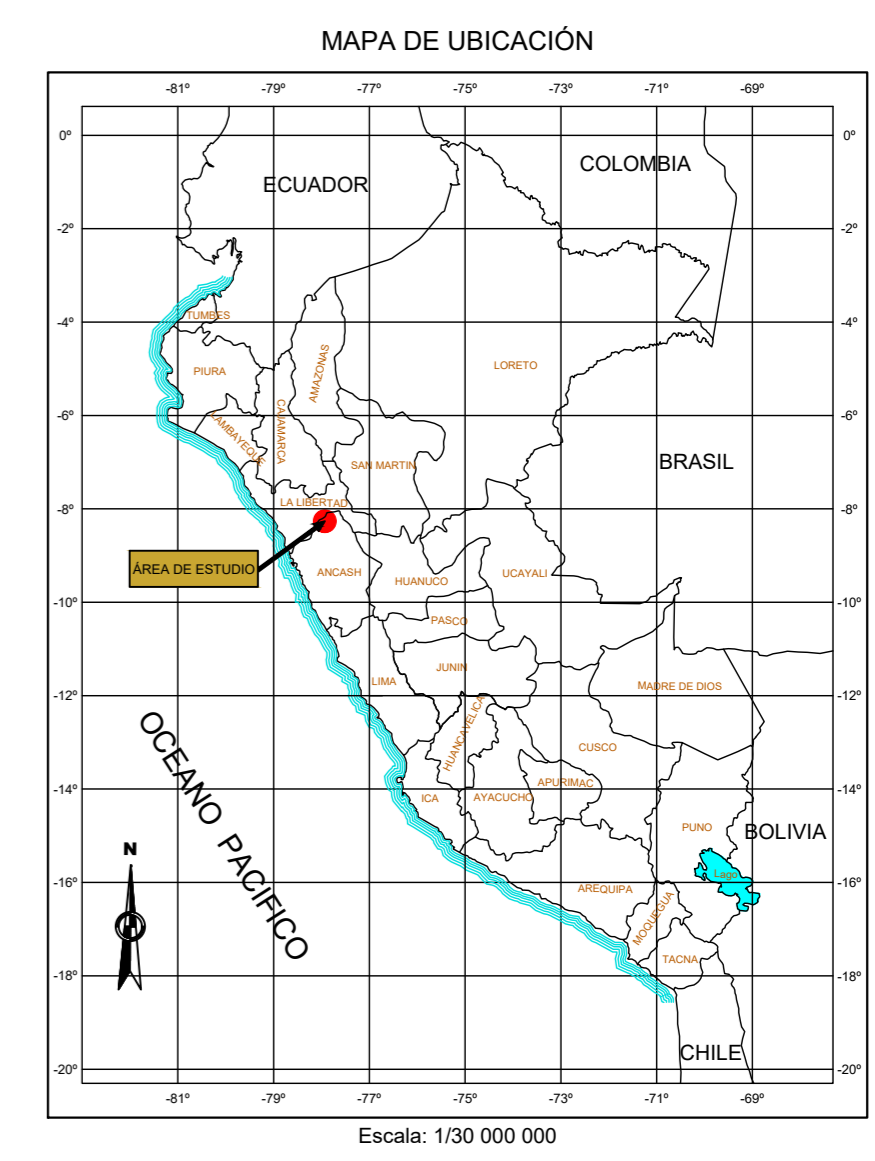
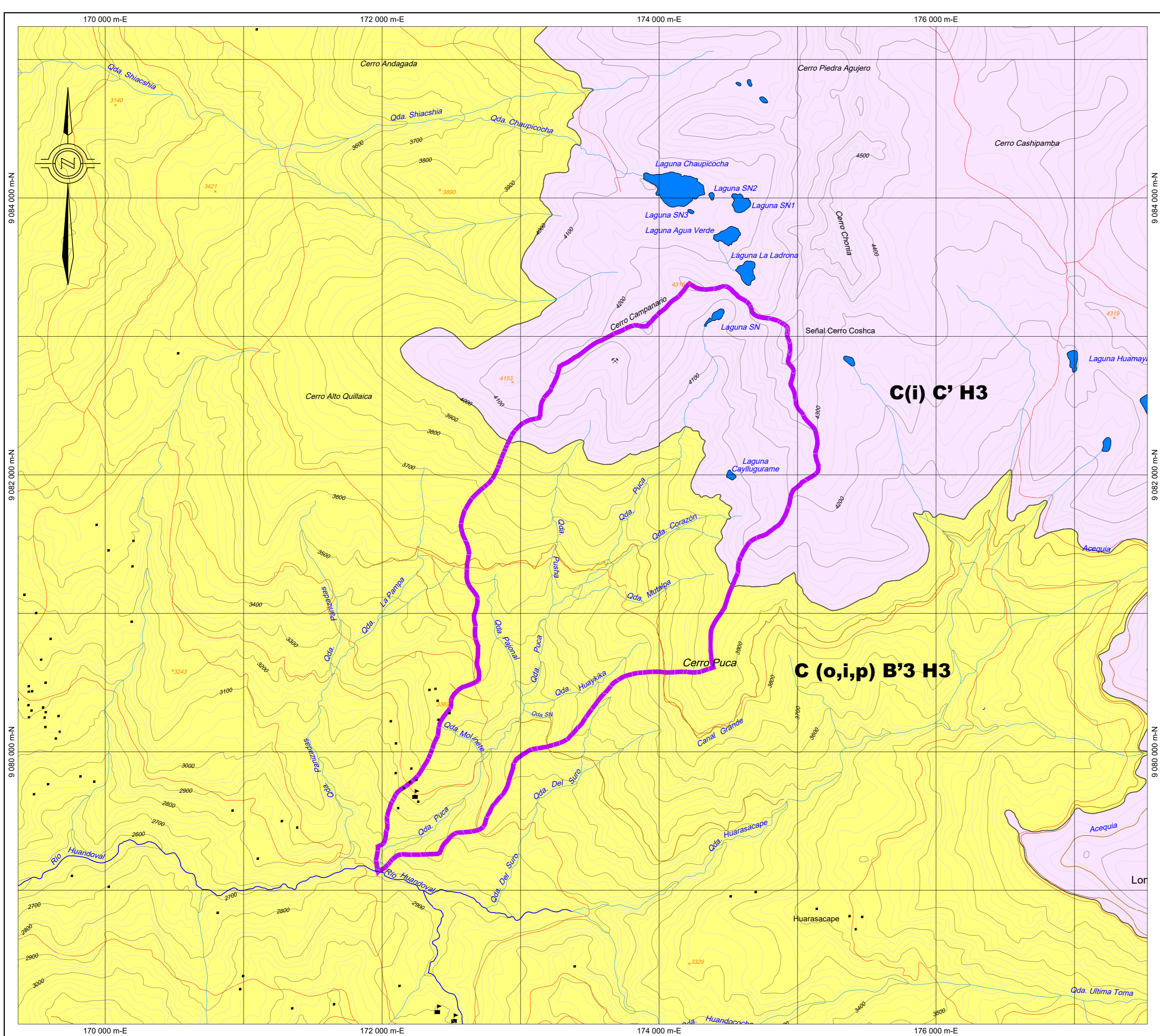
Así mismo en los parámetros físico químicos, se observa que los parámetros (Al, Fe, Mn, y Zn) superaron ligeramente por lo menos una de las sub categorías de la Categoría III del ECA para Agua del D.S. N° 004 - 2017-MINAM.

HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se presenta la caracterización climática de la zona ya que esta fue uno de los principales criterios considerados para la elaboración del diseño del sistema de tratamiento pasivo.

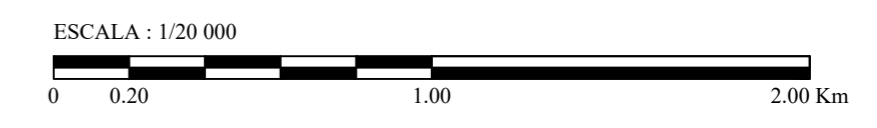
La micro cuenca puca está ubicada a una altitud que oscila entre 2773 m.s.n.m. y 4480 m.s.n.m., presenta un clima de tipo $C_{(o,i,p)}B'_3 H_3$, que significa una zona semiseca, semifría, con humedad relativa calificada como húmeda de acuerdo, al mapa de clasificación climática publicada por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en setiembre de 2011, determinada empleando la metodología propuesta por Werren Thornthwaite, tal como se muestra en el Mapa 2. Así mismo (Anexo 2), se adjunta la data meteorológica proporcionado por el SENAMHI, que sirvió de base para el análisis meteorológico y climatológico.

De acuerdo a la Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú, aprobada mediante R.M. N° 033-2008-AG, las microcuencas, pertenecen a la Región Hidrográfica del Pacífico: Cuenca Santa con código 1376, se encuentra en el sistema hidrológico con categoría de microcuenca ya que esta cuenca con un número de orden de (1, 2 y 3) ríos efluentes a la quebrada puca, el cual se muestra en el **Mapa 2**.



LEYENDA

Simbolo	Descripción
	Rio
	Quebrada
	Laguna
	Microcuenca Puca
Simbolo Mapa climático	
	C (o,i,p) B'3 H3
	C(i) C' H3



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANDOVAL - ANCASH, 2018		
	TÍTULO: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA		
PREPARADO POR:	ESCALA:	FECHA:	MAPA:
SHARON PAUCAR	1:20.000	27/02/2018	5-13
FUENTE:	Hojas de Carta Nacional a Escala 1:25 000. Fuente: MINAG Mapa de Clasificación Climática del Perú. Fuente: MINAM-SENAMHI.		

Así mismo debido a que en la zona no existe estaciones meteorológicas, que registren data histórica de precipitación de largo plazo, se tomó como datos referenciales los datos de las estaciones Cabana y Mollepa las cuales están ubicadas a una altitud de 3364 m.s.n.m y 2708 m.s.n.m., respectivamente dado que estas presentan similitudes hidrológicas, además de ser las más cercanas, es preciso menciona que la data fue registrada por el Servicio Nacional de Meteorología Hidrología (SENAMHI), en el cuadro a continuación se presenta la ubicación y coordenadas de las estaciones, así mismo en el Mapa 1, se presenta la ubicación de las estaciones referente al área de estudio.

Cuadro 10 Ubicación de las Estaciones Meteorológicas

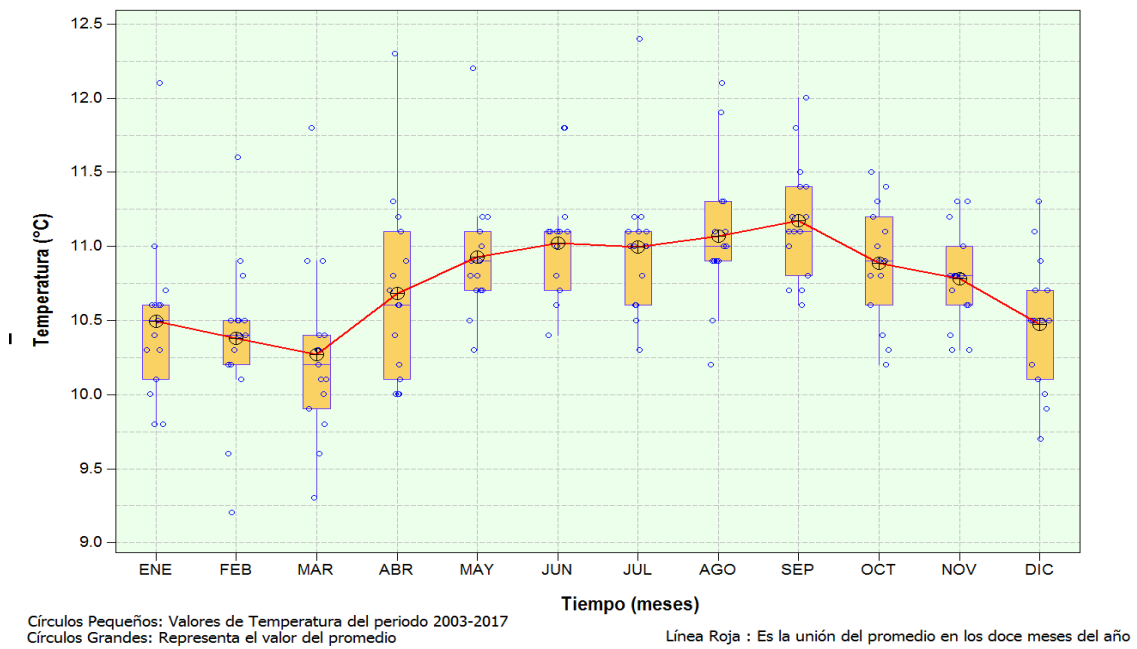
ESTACIÓN /TIPO	UBICACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (M.S.N.M.)	OPERADOR
	DEPARTAMENTO/ DEPARTAMENTO / PROVINCIA	ESTE (M)	NORTE (M)		
Cabana (Climatológica Ordinaria)	Ancash /Pallasca/ Cabana	830427	9072062	3364	SENAMHI
Mollepata (Pluviométrica)	La Libertad/ Santiago de Chuco / Mollepata	174921	9094242	2708	SENAMHI

Fuente: Elaborado en base a información de SENAMHI

c. Temperatura

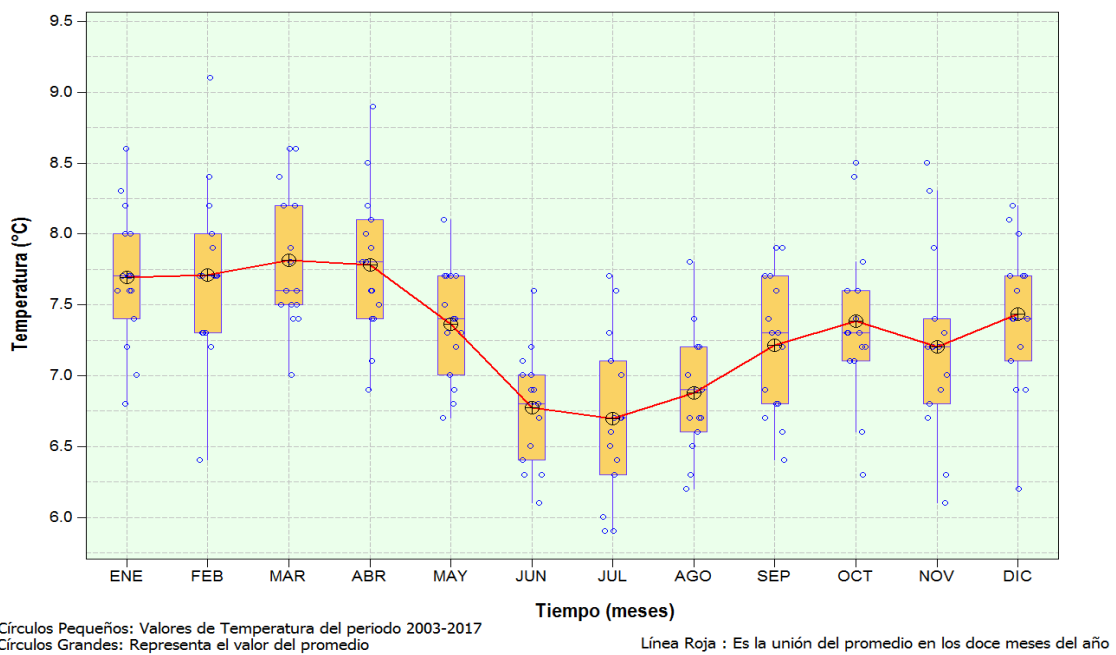
El observatorio se ubica a una distancia de 10.3 km, de la microcuenca Puca. La cual ha registrado una temperatura promedio anual de 10.8°C, una mínima de 7.3 °C y una máxima de 15.5 °C, apreciándose que en los meses invernales esta puede llegar incluso a valores de 6.9 °C, tal como se aprecia en los gráficos a continuación:

Gráfico 1 Temperatura Media Mensual en la Estación Cabana



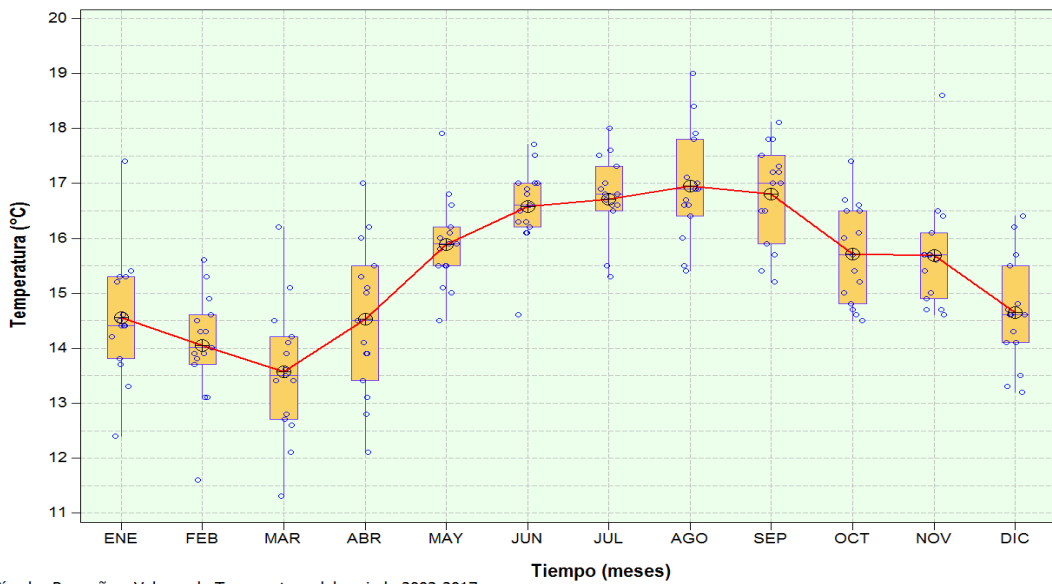
Fuente: Elaborado en base información registrada por SENAMHI

Gráfico 2 Temperatura Mínima Media Mensual en la Estación Cabana



Fuente: Elaborado en base información registrada por SENAMHI

Gráfico 3 Temperatura Máxima Media Mensual en la Estación Cabana



Círculos Pequeños: Valores de Temperatura del periodo 2003-2017
Círculos Grandes: Representa el valor del promedio

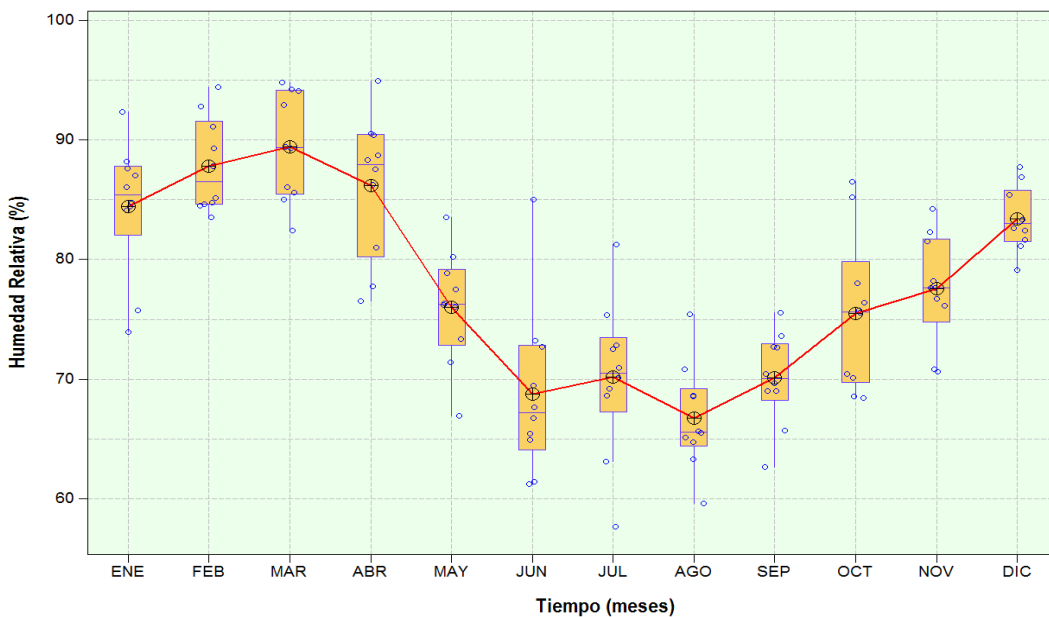
Línea Roja : Es la unión del promedio en los doce meses del año

Fuente: Elaborado en base información registrada por SENAMHI

d. Humedad Relativa

La zona de estudio presenta una humedad relativa con un comportamiento claramente estacional definido, tal como se muestra en el **Gráfico 4**, ya que es máxima en los meses lluviosos veraniegos y disminuye en los meses secos invernales. Presentando una humedad relativa media de 78%.

Gráfico 4 Humedad Relativa en la Estación Cabana



Círculos Pequeños: Valores de Humedad Relativa del periodo 2003-2012.
Círculos Grandes: Representa el valor del promedio

Línea Roja : Es la unión del promedio en los doce meses del año

Fuente: Elaborado en base información registrada por SENAMHI

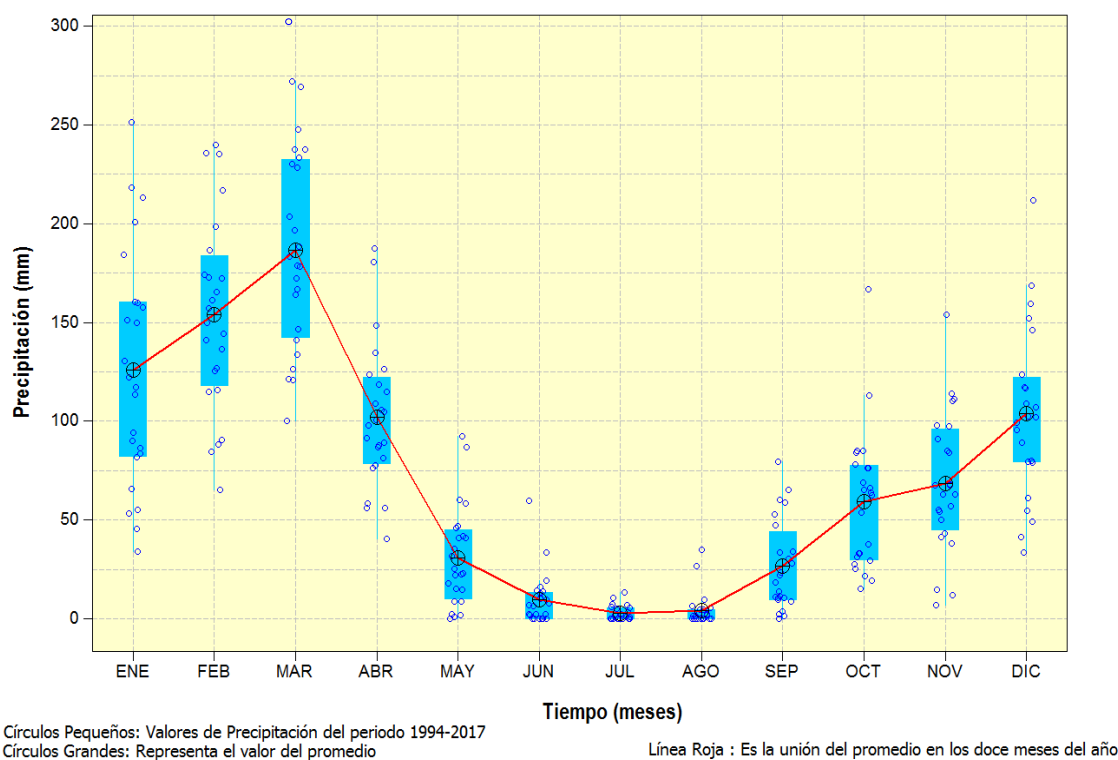
e. Precipitación

Como se observa en los **Gráfico 5** y **Gráfico 6**, se aprecia que ambas estaciones registran una mayor predominancia de precipitación en el área de estudio entre los meses de diciembre a marzo, los cuales corresponden al periodo húmedo, siendo de octubre a noviembre los meses de transición y está comprendido por los meses de junio hasta setiembre por el periodo seco.

El valor mínimo mensual histórico fue de 0.0 mm para las dos estaciones y la máxima fue de 304 mm para la estación Cabana, acontecida en el año 2006, y la estación Mollepata registro un valor de 254.9 mm en el año 2013, ambas en el mes de marzo.

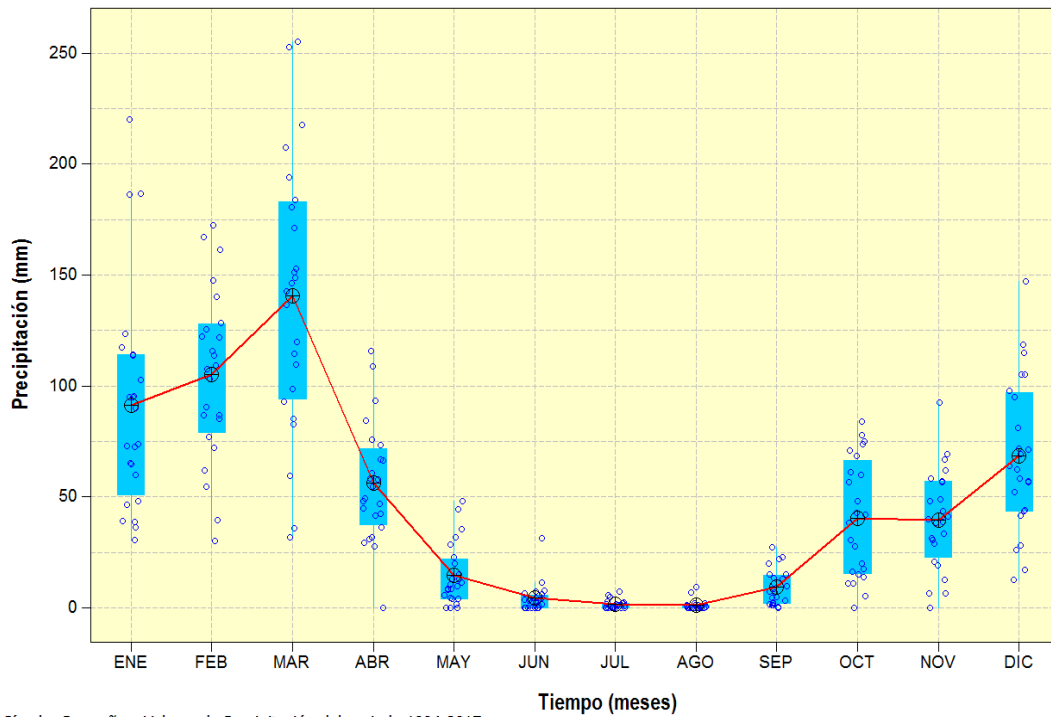
La precipitación máxima, registrada para la estación Mollepata fue de 37.7 mm registrada en marzo del 2013, para la estación Cabana se registró un valor de 45 mm en febrero del 2009, y los valores mínimos fueron de 0 mm para las dos estaciones.

Gráfico 5 Precipitación total mensual en la Estación Cabana



Fuente: Elaborado en base información registrada por SENAMHI

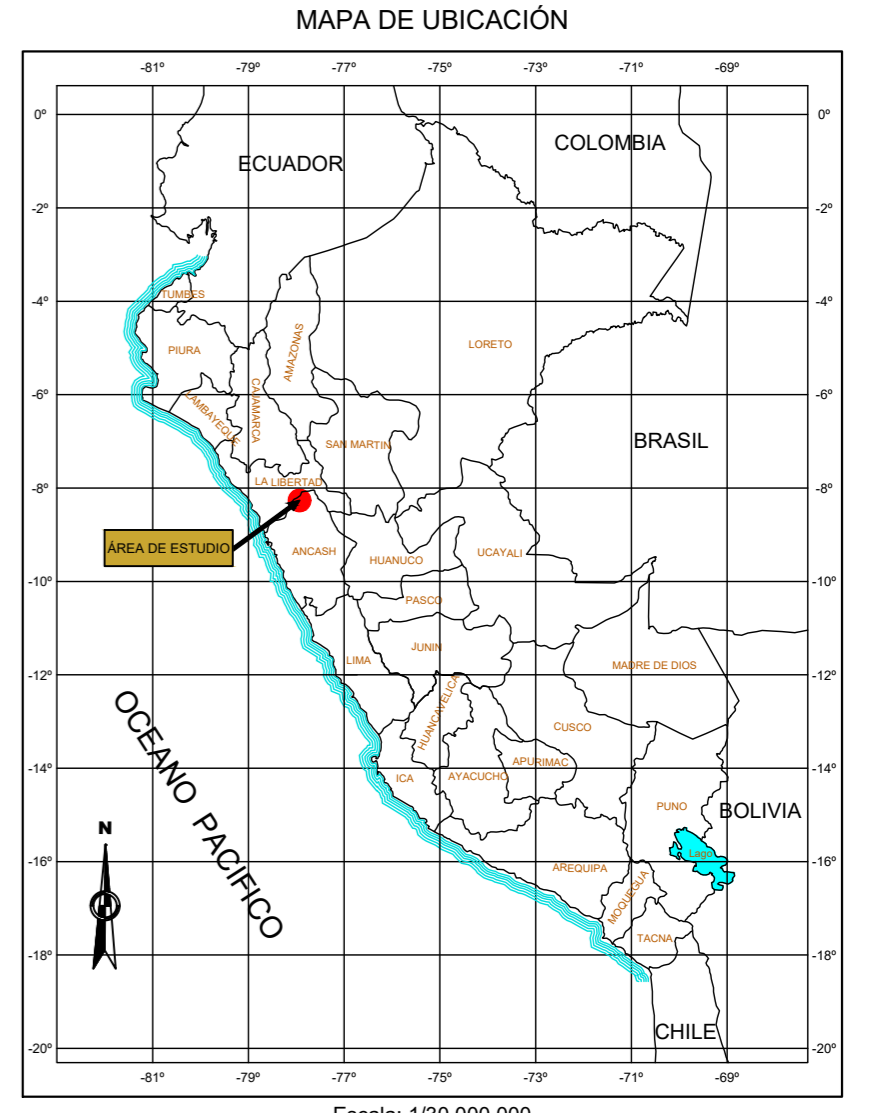
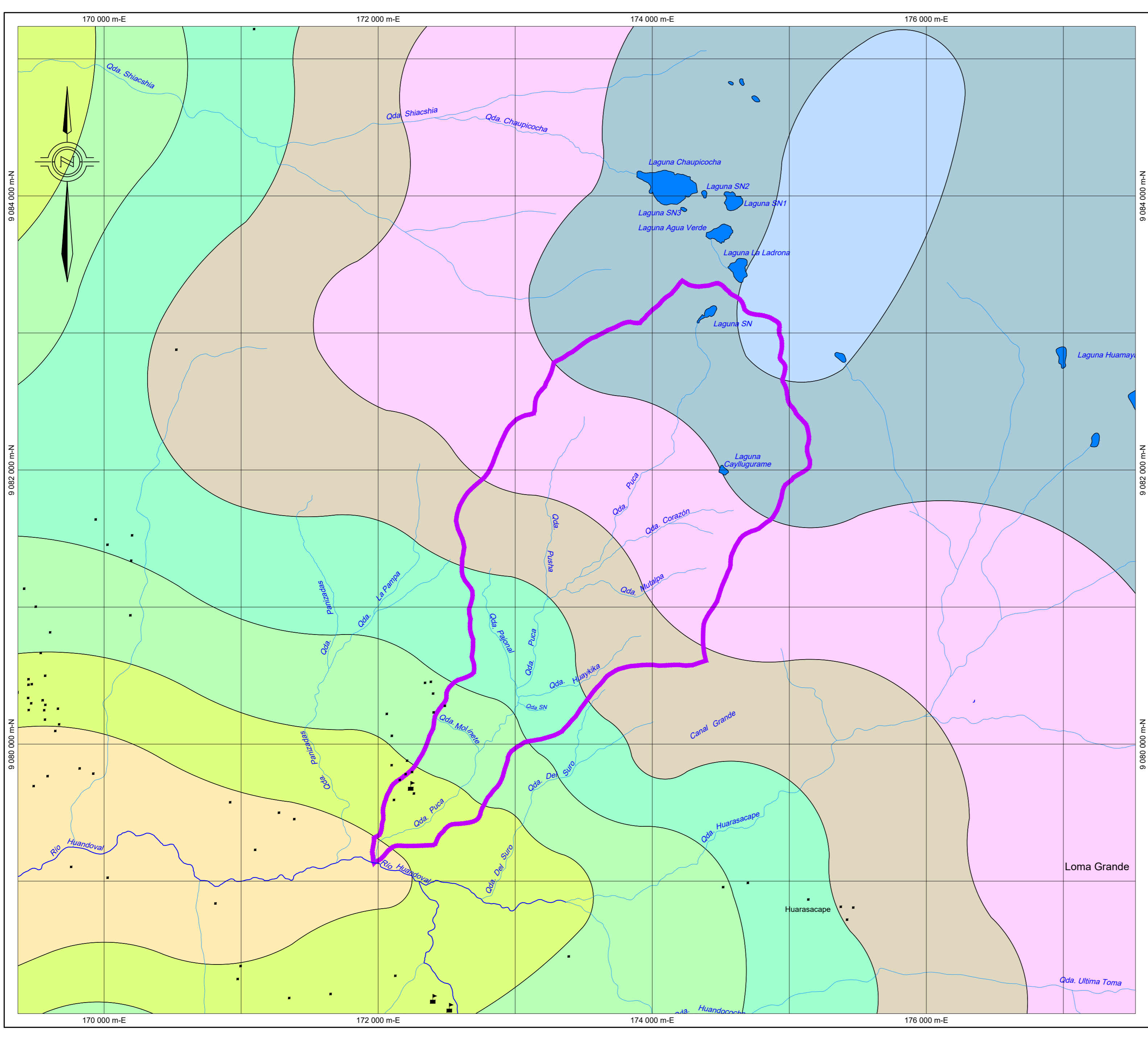
Gráfico 6 Precipitación total mensual en la estación Mollepata



Círculos Pequeños: Valores de Precipitación del periodo 1994-2017
Círculos Grandes: Representa el valor del promedio

Línea Roja : Es la unión del promedio en los doce meses del año

Fuente: Elaborado en base información registrada por SENAMHI

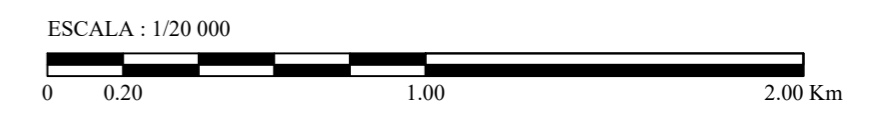


LEYENDA

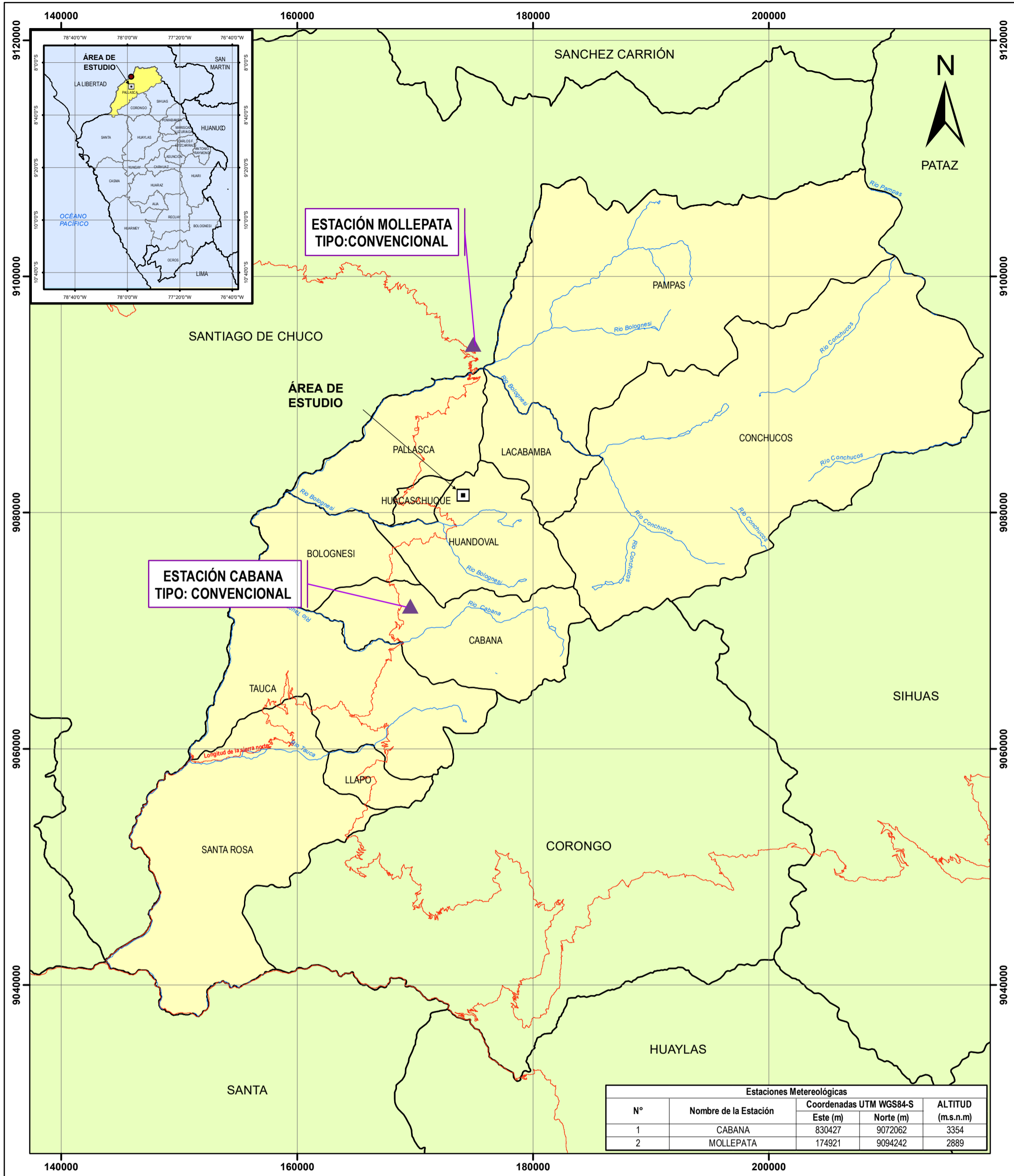
Símbolo	Descripción
	Río
	Quebrada
	Laguna
	Microcuenca Puca
Símbolo Mapa climático	
	C (o,i,p) B'3 H3
	C(i) C' H3

Rangos de Precipitación de las Isovetas

Rango (mm)	Símbolo
700 - 800	
800 - 900	
900 - 1000	
1000 - 1100	
1100 - 1200	
1200 - 1300	
1300 - 1400	
1400 - 1500	



	CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANDOTAL – ANCASH, 2018		
TÍTULO:	ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL		
PREPARADO POR:	ESCALA:	FECHA:	MAPA:
SHARON PAUCAR	1:20.000	27/02/2018	5-13
FUENTE:	La Cartografía, ha sido elaborada con: Carta Nacional a Escala 1/100 000. Fuente: I.G.N. Modelo Digital de Terreno (DEM). Fuente: ASTER GDEM		



SIMBOLOGÍA

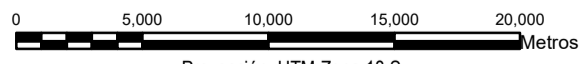
□ ÁREA DE ESTUDIO ▲ UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

LEYENDA

LIMITES

□ DISTITAL — RIOS

□ PROVINCIAL — RED VIAL NACIONAL



Proyección: UTM Zona 18 S
Datum: WGS84
1:700000

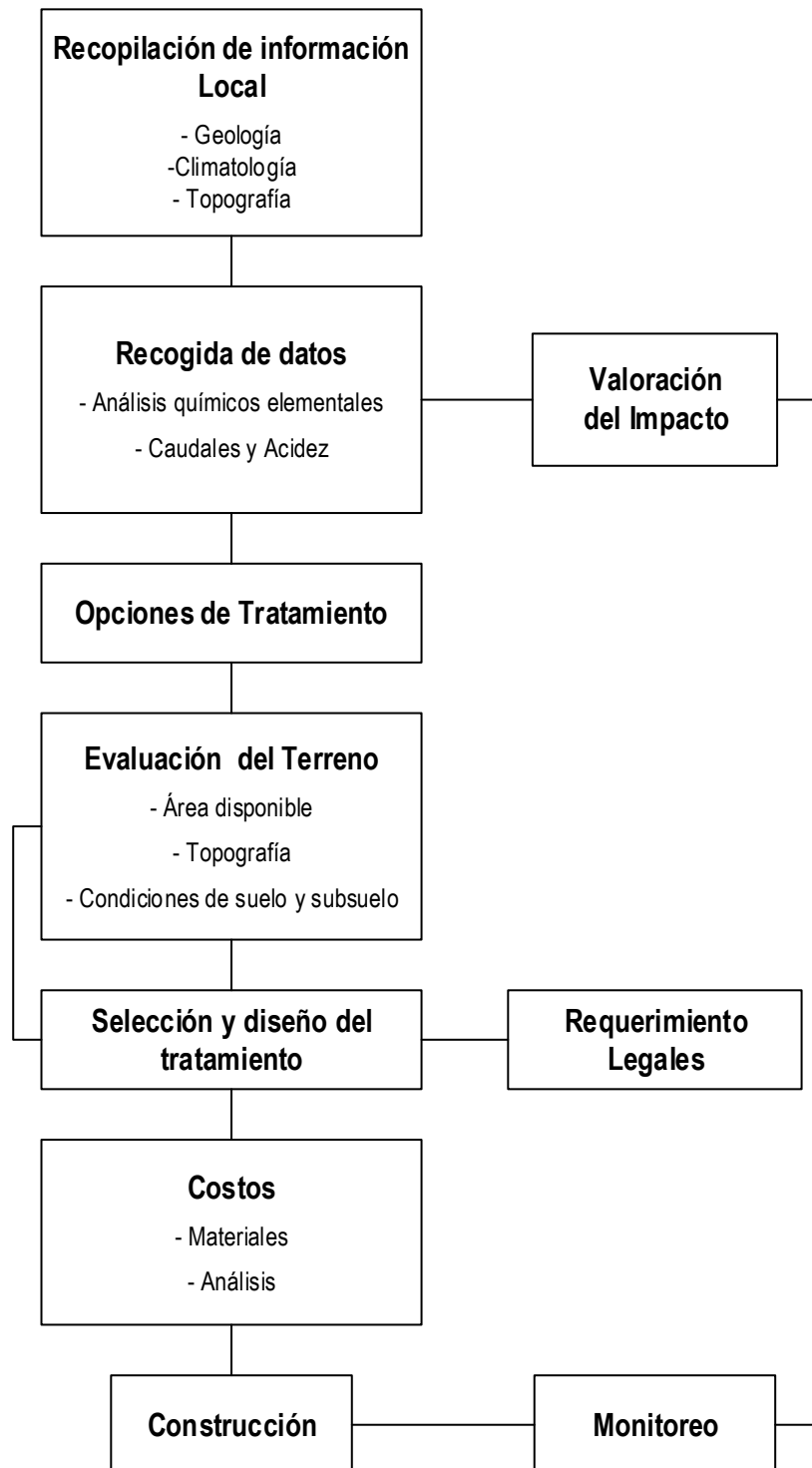


CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANDOVAL - ANCASH, 2018

TÍTULO:
ESTACIONES METEOROLÓGICAS

PREPARADO POR:	ESCALA:	FECHA:	MAPA
SHARON PAUCAR	1:700,000	27/02/2018	5-13
FUENTE:	La data utilizada para este mapa fue definida por SENAMHI, 2018.		

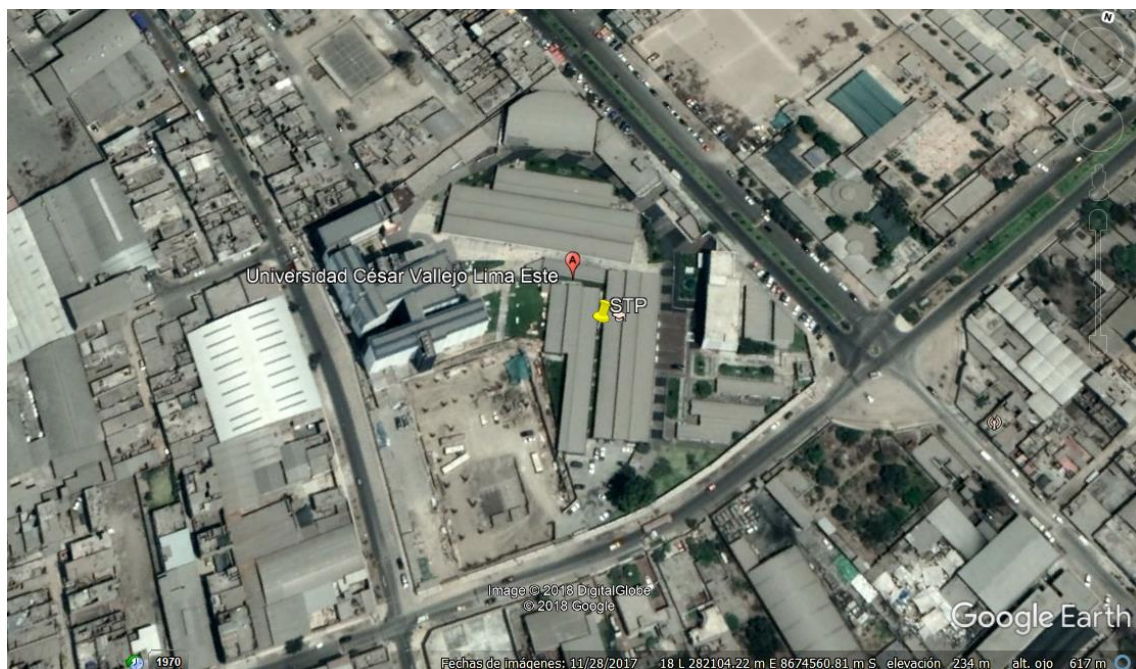
Figura 2 Diagrama de Flujo de la metodología de valoración y remediación mediante tratamiento pasivo (Modificado por Jarvis, A. P. 1997)



Posteriormente se seleccionó el tipo de sistema, y habiéndose analizado que es posible su ejecución en la zona, se realizó un diseño minucioso del sistema tratando de adaptar a las características de la zona de estudio. Seguidamente se procedió a evaluar los costos, la viabilidad, se estableció los parámetros y a frecuencia de los monitores. El proceso que se realizó se resume en la Figura 1.

Al respecto Adivire, menciona que los sistemas de tratamiento pasivo están distribuidos en tres tipos principales: humedal de sistema anaerobio, sistemas anóxicos que contienen un sustrato orgánico (humedales y SAPS) y drenajes calizos anóxicos, cada una de estas técnicas son apropiadas a un tipo particular de agua de mina, sin embargo, debido a las características del drenaje y según investigaciones anteriores han determinado que resulta ser más eficiente cuando se combina en un mismo sistema.

Así mismo a fin de darle al sistema de tratamiento las condiciones climáticas similares al área de estudio, el sistema se implementó en la estación de invierno, dentro del establecimiento de la Universidad César Vallejo sede Lima Este – San Juan de Lurigancho, el cual estuvo ubicado en las coordenadas 282225 Este y 8674681 Norte, el cual se aprecia en la siguiente imagen tomada del programa informativo Google Earth Pro.



Fuente: Google Earth Pro.

Para la depuración de las aguas acidas de mina, se propone el diseño de sistema de tratamiento pasivo que se muestra en el Plano 1, ya que las muestras analizadas presentaron concentraciones elevadas de Fe, Mn, Zn y Al, SO_4^- y presenta acides, dadas esta circunstancias se decidió primeramente realizar un pretratamiento, seguido de una cascada de aireación, almacenándose en un sedimentador para posteriormente pasar a las celdas de sustrato orgánico y finalmente al wetland, a continuación se detalla la función de cada uno de los componentes del sistema de tratamiento pasivo.

La columna caliza es la representación de un sistema de drenaje anoxido calizo (ALD), por el efecto sobre la química del agua el cual generara la alcalinidad suficiente para poder precipitar el hierro.

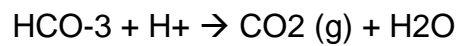
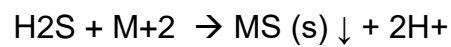
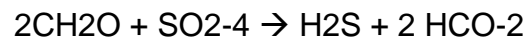
El drenaje acido pasara por una columna caliza a fin de aumentar el pH la calidad de las aguas acidas y reducir el contenido de hierro y manganeso. El cual está compuesta por tres secciones en las dos primeras estuvo compuesta por rocas de 2" y 3" aproximadamente en la primera y segunda sección respectivamente, (las cuales se pueden apreciar en la **fotografía**), en la última sección se colocó un balde de 20 litros.

Así mismo para que el drenaje pueda pasar de una sección a la siguiente la siguiente sección se generaron orificios de 0.3 milímetros.

La cascada de aireación tiene la función de generar aireación al afluente, para que el hierro se pueda oxidar y precipitar, en forma de hidróxidos de hierro que se forman durante la oxidación, evitando así su deposición en las celdas de sustrato orgánico a fin de que no intervengan en la efectividad del proceso de bioprecipitación que generan las bacterias sulfato reductoras. A fin de poder cumplir estas características se diseño una cascada de 20 cm de largo por 5 de altura de cada escalón, de vidrio de 4".

Posteriormente pasara al balde de 10 litros de capacidad para que se puedan precipitar todos los hidróxidos de hierro, en la cual se insertaron dos mangueras conectadas a un tubo en forma de codo para poder abastecer a las celdas de sustrato orgánico con un caudal constante.

Seguidamente pasa a las celdas de sustrato ya con el pH más elevado del drenaje ácido de mina, la cual está compuesta por el cultivo de bacterias sulfato reductoras los cuales son microorganismos anaeróbicos, que utilizan sulfato u otros compuestos oxidados de azufre como aceptor final de electrones, produciendo como desecho metabólico ácido sulfhídrico (H₂S). Además de bioprecipitar los iones metálicos en forma de sulfuro metálico de baja solubilidad y de la neutralizar el agua debido a la alcalinidad producida en la oxidación microbiana de la fuente de carbono



Finalmente pasara a un humedal a fin de poder precipitar la carga orgánica de las celdas de sustrato y de poder precipitar aquellos metales que no lo hicieron en el anterior sistema.

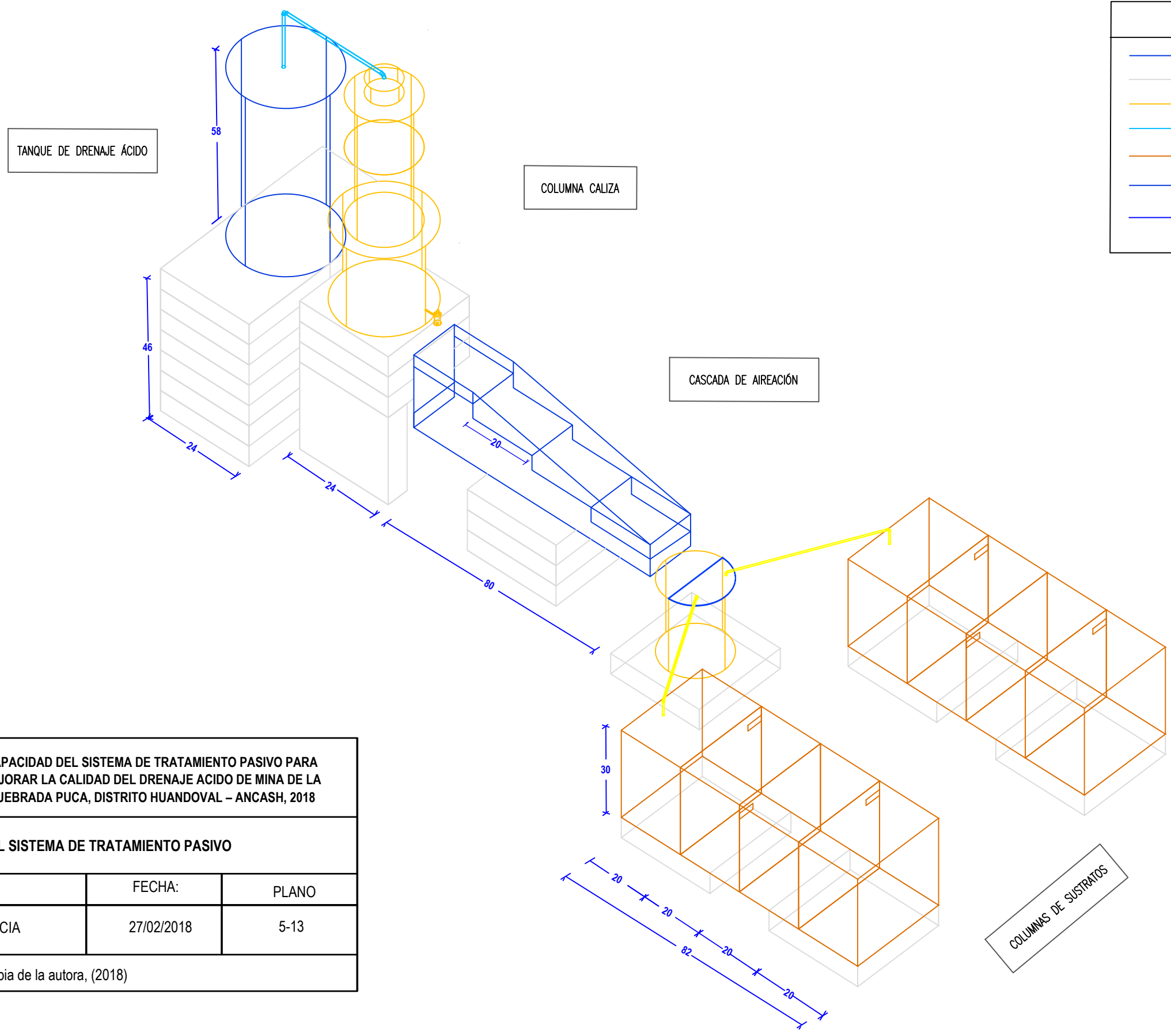
2.5 Métodos de análisis de datos

Los resultados producto de los nuestros diarios y semanales, fueron registrados en tablas en el software Excel, de los se seleccionan los parámetros más relevantes para la investigación siendo pH, sulfatos, Al, Fe, Mn, y Zc, a los cuales se les aplicó la prueba ANOVA de un factor, y la comparación de parejas por el método Tukey para determinar la diferencia entre medias de tratamiento de una experiencia, para ambos casos se trabajó con un nivel de significancia del 0,005 (5%), para poder corroborar si la hipótesis fue aceptada o rechazada.

2.6 Aspectos éticos

Según Alfredo, sostiene que la ética ambiental cada día es más importante ya que cada día el impacto al ambiente es mayor, por tal nuestra capacidad de intervención es mayor, es esta se ve involucrada nuestro respeto al ambiente y la responsabilidad de conservar y preservar nuestro planeta.

A fin de contribuir con la conservar el ambiente se planteó un sistema tratamiento el cual mitigue el impacto de drenaje ácido, el cual busca la conservación del recurso hídrico y todos los ecosistemas que esta comprende, a fin de preservar de manera segura la sostenibilidad de nuestro hábitad.



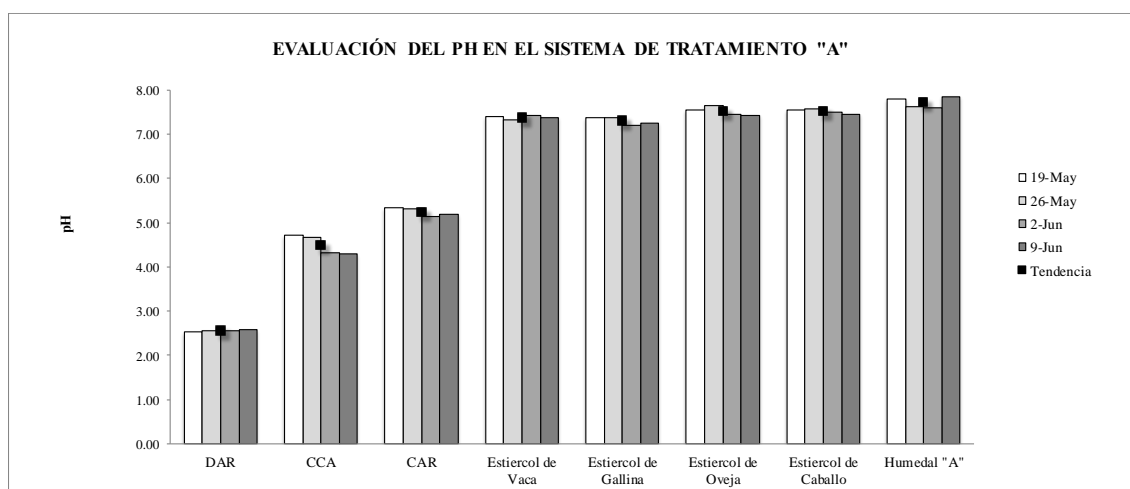
LEYENDA	
	TANQUE DE 60 L
	ADOQUINES DE CONCRETO
	COLUMNA CALIZA
	MANGUERA DE 0.6 MM
	CONTENEDOR DE SUSTRATOS
	CASCADA DE AIREACIÓN
	DIMENCIÓN

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANDOVAL – ANCASH, 2018	
TÍTULO: DIMENSIONES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO			
PREPARADO POR: SHARON PAUCAR GARCIA		FECHA: 27/02/2018	PLANO: 5-13
FUENTE:	Elaboracion propia de la autora, (2018)		

III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS POSTERIOR AL TRATAMIENTO

Gráfico 7 Evolución del pH en el Sistema de Tratamiento Pasivo “A”



Fuente: Elaborado por la autora (2018)

Como se aprecia en el grafico el pH se fue incrementando en cada uno de sistemas, así mismo se puede observar el siguiente cuadro que el sustrato que pudo brindar una mayor alcalinidad al medio fueron los estiércoles de Oveja y Caballo, seguidos del estiércol de vaca.

Cuadro 11 Resultado de pH de cada componente del sistema de tratamiento “A”

Humedal "A"	DAR	CCA	CAR	Estiércol de Vaca	Estiércol de Gallina	Estiércol de Oveja	Estiércol de Caballo	Humedal "A"
19-May	2.54	4.72	5.33	7.40	7.38	7.54	7.55	7.79
26-May	2.55	4.67	5.31	7.33	7.38	7.65	7.58	7.63
2-Jun	2.55	4.33	5.14	7.43	7.19	7.45	7.49	7.60
9-Jun	2.58	4.29	5.19	7.37	7.26	7.42	7.44	7.84

El resultado final para las cuatro semanas se encuentra dentro de los límites del Estándar de Calidad Ambiental. Para agua de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, así como dentro de los LMP para vertimiento de efluentes minero metalúrgicos (D.S. 010 – 2010 – MINAM).

Cuadro 12 Resultado de Al, Fe, Mn, Zn- STP “A”

Parámetros		CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			LIMITES MÁXIMO PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LIQUIDOS DE ACTIVIDAD MINERO - METALÚRGICAS (D.S. N° 010-2010-MINAM)	Análisis después del tratamiento								
		Unidad de Medida	D1: Riego de Vegetales			D2: Bebida de Animales	Humedal A (19-05-18)	Humedal A (26-05-18)	Humedal A (02-05-18)	Humedal A (09-05-18)	Humedal B (19-05-18)	Humedal B (26-05-18)	Humedal B (02-05-18)	Humedal B (09-05-18)
			Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido		Bebida de Animales								
Inorgánicos	Aluminio	mg/L	5	5		1.74	1.82	1.73	1.67	2	1.87	1.76	1.64	
	Hierro	mg/L	5	**	2	1.23	1.09	0.98	0.85	1.34	1.28	1.12	1.09	
	Manganeso	mg/L	0,2	0,2		0.32	0.28	0.16	0.12	0.37	0.31	0.26	0.18	
	Zinc	mg/L	2	24	1,5	0.32	0.28	0.16	0.12	0.37	0.31	0.26	0.18	

Fuente: Elaborado por la Autora (2018)

Después del haber pasado por el sistema de tratamiento pasivo, se pudo reducir la concentración de los cuatro metales se redujeron en un porcentaje de 96 %, para los dos sistemas de tratamiento pasivo, los cuales se encuentran debajo de los Estándares de Calidad Ambiental 004- 2017-MINAM, así mismo se compara con los LMP dado que todos los efluentes de planta de tratamiento de aguas deben de cumplir con los límites máximo permisibles para para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero Metalúrgicas, aprobadas con el D.S. N° 010- 2010- MINAM.

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

PRUEBA ANOVA DE UN FACTOR

Se aplicó ANOVA ya que es un análisis unidireccional o de un factor, la cual nos permitió saber si las medidas de una variable son diferentes entre los niveles o grupos de otra variable, la cual comparará las medidas de la variable dependiente entre las categorías de la variable independiente que para la presente investigación serán:

Variable dependiente (cuantitativa): Valores de pH, sulfatos, AL, Fe, Zn, y Mn.

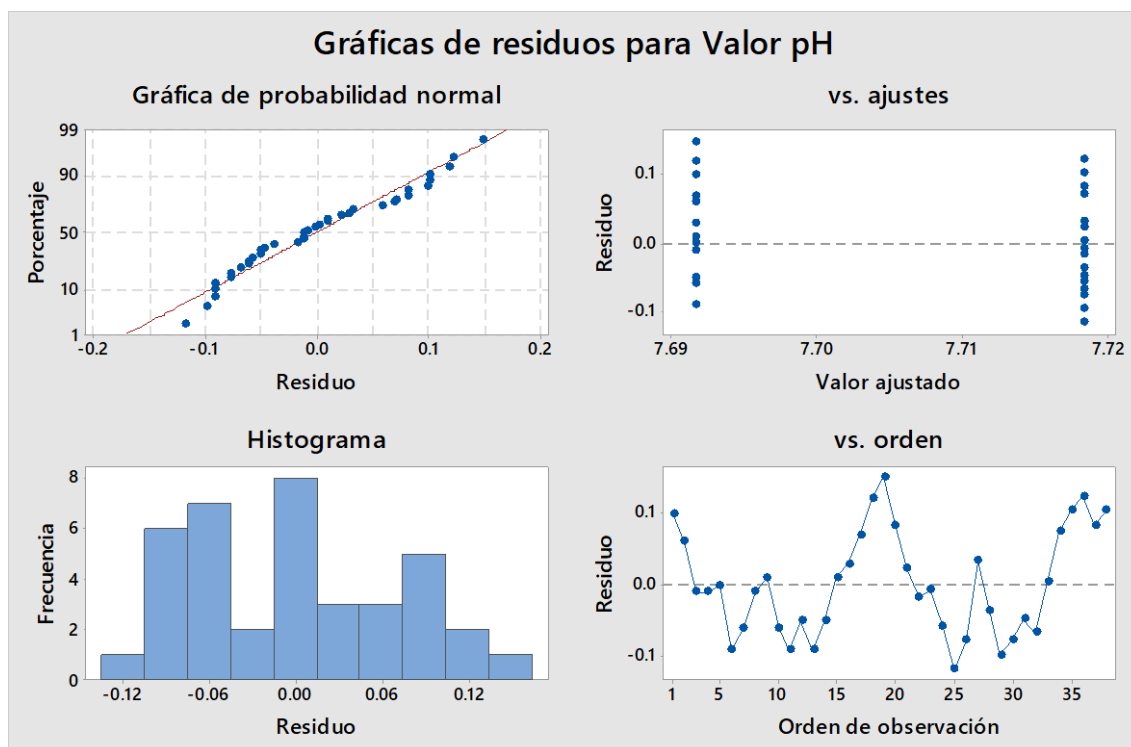
Variable Independiente (categoría): Sistema de Tratamiento Pasivo "A" y "B"

A fin de analizar si estos dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medidas y varianzas ya que el propósito de haberse realizado una réplica del sistema con la misma configuración, es asegurar que los resultados sean fiables y válidos, y se pueda determinar variables extrañas. Por lo que se partió de la hipótesis general para establecer la hipótesis nula, la cual se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, y un nivel de confianza de 95%:

Hi: La capacidad del sistema de tratamiento pasivo influye significativamente en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

Ho: La capacidad del sistema de tratamiento pasivo no influye significativamente en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018

Gráfico 8 Resultados estadísticos de ANOVA para pH



Fuente: Elaborado por la autora

De acuerdo a la gráfica de probabilidad normal, se aprecia que los puntos están cerca de la línea de dispersión, la cual representa una significancia de normalidad, así mismo el histograma no presenta valores atípicos.

Cuadro 13 Análisis de Varianza – Parámetro pH

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR "p"
Humedal	1	0.006845	0.006845	1.25	0.271
Error	36	0.196905	0.005470		
Total	37	0.203750			

Fuente: Elaborado por la autora

La razón F fue de 1.25, con un nivel de significancia de 5%, por lo que existe evidencia estadística, para aceptar la hipótesis de investigación. Así mismo el valor de "p" de 0.271, se encuentra en el área de rechazo H_0 , como se puede visualizar en el histograma. Considerándose que la diferencia entre las medias de los grupos es admitida, dado que no se encuentra considerablemente lejos de lo normal, tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

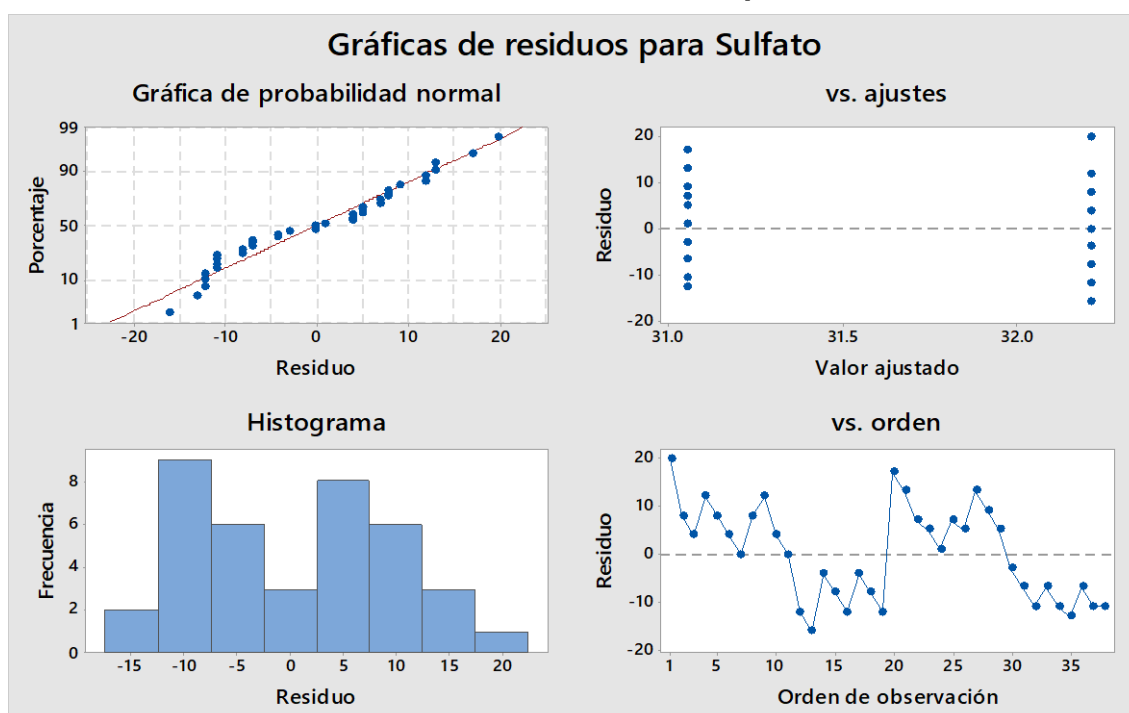
Cuadro 14 Comparación de parejas de Tukey

HUMEDAL	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	19	7.7184	A
1	19	7.6916	A

Fuente: Elaborado por la autora

Respecto al cuadro se observa que el pH de los dos humedales, se obtiene un valor de pH que se encuentra de los ECA para agua de acuerdo al D.S. 004–2017- MINAM.

Gráfico 9 Resultados estadísticos de ANOVA para Sulfatos



Fuente: Elaborado por la autora

El gráfico de probabilidad normal presenta una significancia de normalidad, dado que los valores se presentan cernas a la línea de dispersión. La campana de Gauss no presenta anomalías, pero presenta un comportamiento anormal.

Cuadro 15 Análisis de Varianza – ANOVA – Sulfatos

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR "p"
Humedal	1	12.74	12.74	0.13	0.718
Error	36	3466.11	96.28		
Total	37	3478.84			

Fuente: Elaborado por la autora

El valor de “p” de 0.718, y con una significancia del 5%, no rechazan a la Ho, por no presentarse suficiente evidencia significativa para decir que estadísticamente existe una diferencia entre algunos de los grupos.

Cuadro 16 Comparación de parejas por el método de Tukey

HUMEDAL	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
1	19	32.21	A
2	19	31.05	A

Fuente: Elaborado por la autora

Ambos humedales presentan un valor aceptable para poder ser vertido a un cuerpo hídrico.

Cuadro 17 Análisis de Varianza – ANOVA - Aluminio

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
Humedal	1	0.01201	0.01201	0.88	0.385
Error	7	0.08228	0.01371		
Total	8	0.09429			

Fuente: Elaborado por la autora

La razón F fue de 0.88, con un nivel de significancia de 5%, por lo que existe evidencia estadística, para aceptar la hipótesis nula, ya que el valor de “p” de 0.385, se encuentra en el área de rechazo Ho, de la campana de Gausse, la cual tiene por limites (-0.2 y 0.2)..

Cuadro 18 Comparación de Parejas por el Método de Tukey

HUMEDAL	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	4	1.8175	A
1	4	1.7400	A

Fuente: Elaborado por la autora

Los dos sistemas presentan, valores aceptables de aluminio considerado de acuerdo al ECA para agua, de Perú.

Cuadro 19 Análisis de Varianza – ANOVA - Hierro

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
Humedal	1	0.05780	0.05780	2.83	0.144
Error	6	0.12255	0.02042		
Total	7	0.18035			

Fuente: Elaborado por la Autora. (2018)

El valor de “p” de 0.144, es mayor de 0.05, por lo que significa que no hay evidencia significativa para decir estadísticamente, existe una diferencia entre alguno de los grupos. Sin encuentra en el área de no rechazo H_0 , como se puede visualizar en el histograma.

Cuadro 20 Comparación de Parejas por el Método de Tukey

HUMEDAL	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	4	1.2075	A
1	4	1.0375	A

Fuente: Elaborado por la Autora. (2018)

A pesar que las dos diferencias de medios, estos presentan las características necesarias para poder vertirse en un cuerpo hídrico, ya que cumple con lo ECA y LMP.

Cuadro 21 Análisis de Varianza – ANOVA - Manganeso

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
Humedal	1	0.007200	0.007200	0.93	0.373
Error	6	0.046600	0.007767		
Total	7	0.053800			

Fuente: Elaborado por la Autora. (2018)

El valor de “p” de 0.373, se encuentra en el área de no rechazo H_0 , como se puede visualizar en el histograma.

Cuadro 22 Comparación de Parejas por el Método de Tukey

HUMEDAL	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	4	0.2800	A
1	4	0.2200	A

Fuente: Elaborado por la Autora. (2018)

A pesar que las dos diferencias de medios, estos presentan las características necesarias para poder vertirse en un cuerpo hídrico, ya que cumple con lo ECA y LMP. Sin embargo, la campaña de Gauss tiene características anormales.

Cuadro 23 Análisis de Varianza de ANOVA – Zinc

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
Humedal	1	0.02420	0.02420	0.13	0.730
Error	6	1.10695	0.18449		
Total	7	1.13115			

Fuente: Elaborado por la Autora. (2018)

El valor de “p” de 0.730, se encuentra en la zona de rechazo la H_0 , como se puede visualizar en el histograma.

Cuadro 24 Comparación de Parejas por el Método de Tukey

HUMEDAL	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
1	4	1.0975	A
2	4	0.987	A

Fuente: Elaborado por la Autora. (2018)

A pesar que las dos diferencias de medios, estos presentan las características necesarias para poder vertirse en un cuerpo hídrico, ya que cumple con lo ECA y LMP. Sin embargo, la campaña de Gauss tiene características anormales.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio fueron de 1. 64, 1.09, 018 y 018 respectivamente, para Aluminio, Hierro, Manganeso y Zinc, los cuales se semejan a los resultados obtenidos por el estudio de Chambe, (2008), quien trato el drenaje acido de la mina Cerro de Pasco, obtuvo una reducción de 6980, 2180, 258 respectivamente de Sulfato, Hierro, y Zinc, la cual a través del sistema de tratamiento de biogénico en reactores batch del sustrato de oveja el cual le resulto siendo el más eficiente, logrando reducir a valores de 2476, 47 y 598.3 respectivamente de cada metal. Así mismo Ordoñez, (1999), posterior al tratamiento mas eficiente que determina obtuvo valores de 50, 50, 200, 10000 mg/l de Aluminio, Hierro, Zinc, Manganeso y Sulfato.

V. CONCLUSION

El sistema de tratamiento propuesto demostró tener la capacidad necesaria para poder remediar el drenaje ácido de mina, ya que pudo reducir todos los parámetros que fueron de interés para la presente investigación.

1. Cada uno de los componentes que se propusieron en el sistema de tratamiento cumplieron con los criterios de oxidación y proporción de alcalinidad por para de la columna caliza, la cual posteriormente, dado a la cascada de aireación se pudo reducir las concentraciones de hierro los cuales precipitaron en las rocas calizas y en el transcurso de la cascada de aireación, así mismo todos los estiércoles pudieron bioprecipitar los metales como Al, Zn y Mn.
2. Los parámetros físico químicos se encuentran dentro del ECA para Agua aprobada de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, así como de los Límites Máximo Permisibles para la descarga de Efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas, con la muestra de drenaje ácido que se trabajó en el sistema presentó concentraciones iniciales de pH 2.58, 9.629 mg/l de Aluminio, 35.69 mg/l de Hierro, 9.28 mg/L de Zinc, el cual se redujo a una concentración de 7.84 y 7.82 unidades de pH, Aluminio a redujo a concentraciones de 1,67 y 1,64, para Hierro se redujo a concentraciones de 0.85 y 1.09, seguidamente para manganeso se redujo a concentraciones de 0.12 y 0.18, finalmente el otro metal de interés que fue el Zinc se redujo a concentraciones de 0.18 y 0.12 respectivamente, para el sistema de tratamiento pasivo "A" y "B"

VI. RECOMENDACIONES

1. De realizarse una configuración de sistema de tratamiento pasivo similar al propuesto, se recomienda realizar un análisis de metales a cada componente y sustrato.
2. Realizar un análisis estático y cinético a las muestras de roca para poder determinar si la roca es potencialmente generadora de drenaje ácido.

VII. REFERENCIAS

BEINING, B., & OTTE, M. Retention of metals and longevity of a wetland receiving mine leachate. American Society of Mining & Reclamation, 1997. [En línea]. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2017].

Disponible en: <http://www.asmr.us/Portals/0/Documents/Conference-Proceedings/1997/0043-Beining.pdf>

BRANCO, Samuel. Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Washington, D.C. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1984. 127 pp.

Disponible en: <https://es.slideshare.net/vladyvostok/limnologia-sanitaria-estudio-de-la-polucion-de-aguas-continentales>

CASTILLO, César. Procesos biogeoquímicos de sulfato- reducción involucrados en la remediación de los drenajes ácidos de mina y las balsas de fosfoyeso. Tesis (Doctor en ciencias). Huelva: Universidad Internacional de Andalucía, 2013. 143pp.

COLIN, Bair., & CANN, Michael., Environmental Chemistry. 2ª ed. Barcelona: Editorial Reverte, 2014, 776 pp.

ISBN: 9788429179156

CENTRO de Investigación y Estudios en Medio Ambiente (CIEMA). Tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Proyecto Astec Sucher & Holzer., Nicaragua: 2005. 43 p.

Disponible en: file:///C:/Users/contabilidad.PC-CONTA/Downloads/Dialnet-FitorremediacionConHumedalesArtificialesParaEITrat-3638734.pdf

CORDOVA, Roli & Rojas, Joel. Alcalinización con travertino y desmineralización de aguas acidas de mina en simulador de humedal a nivel laboratorio. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. 110 pp.

DIAZ, Jaime. Procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales. Editorial: Universidad de Boyacá. Colombia, 2012, 380 p.
ISBN: 9789588642543

HYMAN, D. y WATZLAF, G. 1995. Mine drainage characterization for the successful design and evaluation of passive treatment systems. 17 th Annual National Association of Abandoned Mine Lands Conference, Indiana, October, 203-218.

Decreto Legislativo N° 1055.- Modificación de la Ley N° 286111, “Ley General del Ambiente”, [En línea], aprobada el viernes 27 de junio del 2008. [Fecha de consulta: 29 de Setiembre del 2017].

Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/modificacion-ley-no-28611-ley-general-ambiente>

INGA, Ruth. Tratamiento de efluentes por el método de pantanos artificiales (Wetland). Tesis (Maestro en ciencias con mención en minería y medio ambiente). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. 243 pp.

MINEM (Dirección General de Asuntos Ambientales). Normas Técnicas para el diseño ambiental: Guía ambiental para el manejo de Drenaje Acido de Minas. [En Línea], Publicada en Setiembre del 2017, [Fecha de consulta: 10 de agosto del 2017]

Disponible en:

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manedrenaje.pdf>

NINA, Meyla. Evaluación de los métodos químicos y biogénico para el tratamiento de drenaje acido de mina a escala laboratorio. Tesis (Magister en Ciencias Ambientales). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2008. 105 pp.

NORDSTROM Kirk & ALPERS C. Geochemistry of acid mine waters. [En línea], junio 1999, V 6ª. [Fecha de consulta: 29 de Setiembre del 2017].

Disponible en: <Downloads/114NordstromAlpers1999chap6.pdf>

ORDÓÑEZ, Almudena. Sistema de tratamiento pasivo para aguas acidas de mina, experiencia en laboratorio, diseño y ejecución. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo, 1999. 693 pp.

Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Diario Oficial el peruano, Lima, 11 de enero del 2016.

STANLEY, E., Introducción a la química ambiental. México: Reverte Ediciones, 2006. 725 pp.

ISBN: 968670860X

DUPOLDT, Carl., *et. al.* Handbook for constructed wetlands receiving acid mine drainage. Washington, DC, Environmental Protection Agency, EPA/540/R-93/523, 1993. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2017]

ISBN:0 – 16 – 052999 -9

Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf>

Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. [En línea] SNMPE-Education. [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2017]

Disponibilidad: <http://www.exploradores.org.pe/mineria/principales-paises-productores-de-minerales.html>

ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residual: teoría y principios de diseño. Colombia: Editorial escuela colombiana de ingeniera. 2014, 784 pp.

ISBN: 9588060133

RUSSEL, Davis. Practical Wastewater Treatment. Barcelona: Editorial Reverte S.A., 2012, 273 pp.
ISBN: 9788429179767

PFAFF, John. Determination of inorganic anions by ion chromatography. Environmental monitoring systems laboratory office of research and development U.S. environmental protection agency Cincinnati, Ohio. [En línea] 1993, 28 pp. [Fecha de consulta: 07 de Noviembre del 2017]
Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_300-0_rev_2-1_1993.pdf

EPA (United States Environmental Protection Agency). Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry. [En línea] 1994, 58 pp. [Fecha de Consulta: 29 de octubre del 2017]
Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/method_200-8_rev_5-4_1994.pdf

MACÍAS, F., CARABALLO M., *et al.* Natural Pretreat and passive remediation of highly polluted acid mine drainage. Journal of Environmental Management. [En línea], 2012, 100 pp. [Fecha de Consulta: 08 de Mayo del 2018]
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479712001466?via%3Dihub>

PIRAMID Coordinator and Reader in Water Resources, University of Newcastle (UK). Passive treatment of european mine waters: The european commission's 'Pyramid' project. [En línea], University of Newcastle 2001, 10 pp. [Fecha de Consulta: 18 de Abril del 2018].
Disponible en: https://www.imwa.info/docs/imwa_2001/Passive.pdf

GUSEK, James, & FIGUEROA, Linda. Mitigation of Metal Mining Influenced Water. [En línea]. Vol. 2. USA: Society for Mining, Metallurgy, and Expotation, Inc. (SME), 2009. [Fecha de consulta: 24 de Agosto del 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=MgMuKJDIUqIC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mitigation+of+Metal+Mining+Influenced+Water&ots=uxaRDp-2QX&sig=Kr6N5ehpcMRgh5OdmkVIRRwfzi8#v=onepage&q=Mitigation%20of%20Metal%20Mining%20Influenced%20Water&f=false>

ISBN: 978-0-87335-306-9

ANEXOS

AFORO - MÉTODO DEL CORRENTÓMETRO

Fuente Hidrica: Quebrada Puca

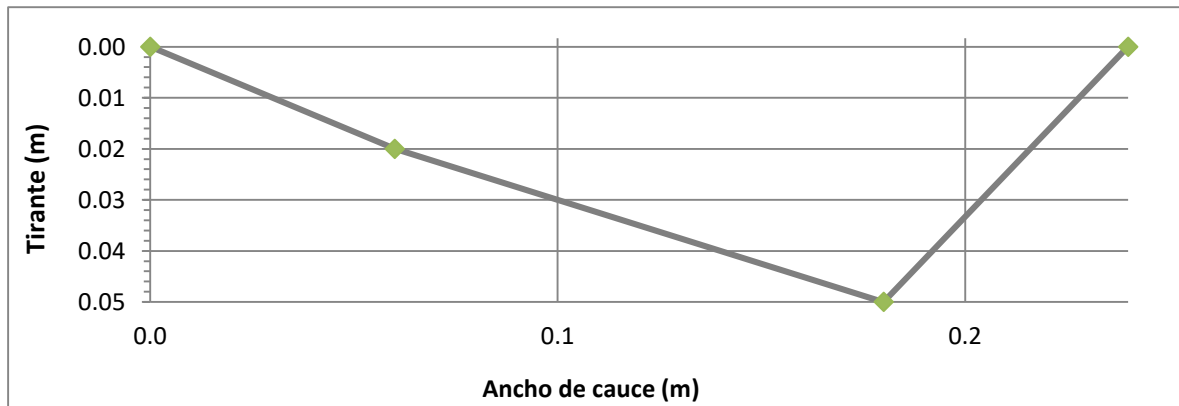
Codigo: AS-2

Fecha: 03/12//17

Cuadro 1 Cálculo por método de correntómetro

SONDEOS		Velocidad media	Área	Caudal
X	Y			
m	m	(m/s)	m ²	l/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.02	0.20	0.00060	0.12
0.18	0.05	0.50	0.00420	2.10
0.24	0.00	0.10	0.00150	0.15
Total			0.0063	2.37

Gráfico 1 Perfil de la Quebrada Puca en ese punto





OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : MOLLEPATA / 154106 / DRE-03

LAT. : 8 ° 11 ' "S"

DPTO. : LA LIBERTAD

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. : 77 ° 57 ' "W"

PROV. : SANTIAGO DE CHUCO

ALT. : 2580 msnm

DIST. : MOLLEPATA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1996	26.0	25.8	22.5	19.7	2.4	5.3	0.0	0.0	1.6	13.2	10.3	5.1
1997	51.2	11.0	12.0	10.5	3.9	3.0	0.0	0.0	7.7	5.5	9.5	16.5
1998	26.9	34.1	33.4	8.1	3.0	3.6	0.0	1.2	1.5	12.5	21.2	9.8
1999	15.2	47.1	14.0	10.7	9.4	2.3	2.8	0.0	5.7	3.9	6.8	17.8
2000	20.6	24.0	17.6	10.0	8.7	4.1	0.0	3.3	4.9	4.5	8.3	20.5
2001	24.9	30.5	41.3	12.3	4.1	0.0	0.0	0.0	5.5	14.2	17.0	15.1
2002	11.3	15.7	24.0	14.2	4.5	1.8	0.6	0.0	3.1	8.6	28.6	9.4
2003	7.5	15.0	13.6	11.1	4.6	4.7	1.8	0.0	6.9	11.4	13.3	29.6
2004	14.3	10.7	11.5	21.6	3.3	3.1	4.0	0.0	7.4	19.2	10.6	14.2
2005	9.9	26.7	24.0	5.8	3.8	0.0	0.0	1.1	0.4	8.6	4.4	15.1
2006	24.0	16.8	18.4	19.0	7.1	3.2	0.0	0.0	2.2	6.7	6.1	14.0
2007	9.2	10.4	15.3	19.5	5.8	0.0	0.6	0.0	0.9	15.8	9.4	11.4
2008	18.5	15.3	26.5	17.5	3.7	5.0	0.0	1.2	6.2	9.8	8.6	18.9
2009	18.2	23.2	27.1	10.3	3.3	0.0	2.4	0.0	1.1	10.5	12.9	35.2
2010	11.5	20.7	14.9	14.9	14.6	1.1	0.9	0.0	3.1	7.8	11.5	15.8
2011	9.9	5.7	16.1	21.2	0.0	3.6	2.6	0.0	7.8	8.1	7.7	19.5

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

S/D= Sin Dato
T = Traza

Ing. Oswaldo Nique Asmat
Director de la Oficina de Servicio al Cliente

LIMA , 1 DE MARZO DEL 2013

INFORMACION PREPARADA PARA: GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ESTACION : MOLLEPATA / 154106 / DRE-03

LAT. : 8 ° 11' "S"

DPTO. : LA LIBERTAD

PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

LONG. : 77 ° 57' "W"

PROV. : SANTIAGO DE CHUCO

ALT. : 2580 msnm

DIST. : MOLLEPATA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1996	102.6	161.5	152.0	57.9	4.0	31.4	0.0	0.0	3.1	47.8	18.2	12.5
1997	94.7	90.5	31.6	44.5	3.9	7.0	0.0	0.0	21.7	15.0	66.5	146.9
1998	186.2	172.3	252.7	54.3	8.2	3.6	0.0	1.2	1.5	59.6	38.5	44.0
1999	123.2	327.9	82.7	42.4	48.0	2.3	2.8	0.0	27.1	10.9	39.9	63.7
2000	64.9	147.3	114.6	60.6	31.7	4.1	0.0	9.0	19.6	5.0	20.7	118.5
2001	220.0	122.1	346.8	31.7	19.8	0.0	0.0	0.0	22.5	42.8	69.0	43.4
2002	30.2	72.1	217.6	66.2	5.7	3.4	0.6	0.0	4.7	68.3	92.2	27.8
2003	48.0	86.7	85.1	41.2	10.2	7.4	1.8	0.0	13.0	19.9	33.4	94.7
2004	36.1	76.8	59.2	48.0	7.9	6.3	5.5	0.0	13.2	73.5	54.5	57.0
2005	46.4	85.0	151.2	29.0	4.2	0.0	0.0	1.7	0.4	38.0	6.2	69.1
2006	95.3	115.7	207.2	93.1	8.5	6.1	0.0	0.0	8.2	30.4	28.7	80.9
2007	72.4	39.2	183.6	75.6	12.8	0.0	0.9	0.0	0.9	74.8	31.2	52.2
2008	117.1	113.7	148.6	84.3	12.8	11.4	0.0	1.2	10.8	60.9	43.6	26.1
2009	186.5	140.1	152.8	73.3	9.5	0.0	4.6	0.0	1.1	83.8	56.6	97.6
2010	39.1	86.7	119.7	46.6	28.2	1.1	1.6	0.0	14.7	17.5	58.1	105.1
2011	73.5	29.9	98.4	108.7	0.0	3.9	7.0	0.0	13.4	13.7	38.2	103.1

S/D= Sin Dato
T = Traza

Ing. Oswaldo Nique Asmat
Director de la Oficina de Servicio al Cliente
SENAMHI

LIMA , 1 DE MARZO DEL 2013

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.



DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

LAT. : 8 ° 23 ' "S"

LONG. : 78 ° 0 ' "W"

ALT. : 3354 msnm

DPTO. : ANCASH

PROV. : PALLASCA

DIST. : CABANA



ESTACION : CABANA / 004431 / DZ-04

PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2004	33.8	84.5	126.1	55.7	S/D	1.9	10.4	0.0	60.1	112.9	83.8	101.8
2005	52.9	90.1	166.8	58.0	0.6	0.0	0.0	5.1	1.3	24.9	11.5	102.4
2006	117.0	125.3	304.0	118.5	2.3	33.5	0.0	2.5	0.0	31.1	50.0	116.5
2007	149.5	65.0	247.5	134.5	45.7	2.3	0.0	9.3	0.0	63.8	54.9	89.0
2008	184.0	165.1	146.3	123.2	22.6	0.0	0.0	0.0	11.3	85.0	68.0	33.5
2009	213.0	235.1	233.2	126.0	22.5	1.7	1.5	1.8	9.3	166.5	97.3	95.5
2010	130.4	141.1	178.3	81.0	35.0	0.0	5.7	0.0	28.0	29.0	90.7	151.8
2011	83.5	115.5	164.0	148.3	0.0	2.0	13.0	0.0	33.5	14.0	S/D	146.0
2012	159.8	172.2	203.2	187.5	40.5	6.0	0.0	0.0	11.0	76.0	110.0	107.0
2013	81.5	172.5	269.0	86.5	46.0	12.5	0.0	34.5	10.5	84.0	38.0	108.5
2014	122.2	144.0	183.0	97.5	58.0	0.0	5.0	4.5	47.0	53.5	43.0	168.5
2015	200.5	149.5	230.1	104.5	92.3	14.0	6.5	0.0	13.5	33.0	97.5	115.1
2016	54.9	186.6	100.0	55.8	1.5	0.0	0.0	0.0	19.4	33.0	6.5	54.6

PROHIBIDA SU REPRODUCCION

TOTAL O PARCIAL

INFORMACION PREPARADA PARA : RHIND GROUP S.A.C.

LIMA , 18 DE AGOSTO DEL 2017

VÁLIDO SÓLO EN ORIGINAL



S/D= Sin Dato
T = Traza



DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

ESTACION : CABANA / 004431 / DZ-04

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : 8 ° 23 ' "S"

LONG. : 78 ° 0 ' "W"

ALT. : 3354 msnm

DPTO. : ANCASH

PROV. : PALLASCA

DIST. : CABANA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2004	8.0	15.0	20.1	16.5	S/D	1.1	3.9	0.0	24.5	16.9	13.5	18.5
2005	10.0	21.5	21.2	14.0	0.6	0.0	0.0	3.6	1.0	6.8	8.0	13.6
2006	19.2	18.0	20.0	21.5	1.5	12.0	0.0	1.5	0.0	12.0	13.0	14.0
2007	14.0	18.5	20.5	19.5	16.5	1.5	0.0	7.5	0.0	7.0	10.4	11.5
2008	21.5	20.5	17.5	14.0	6.5	0.0	0.0	0.0	3.0	10.1	7.5	18.0
2009	24.5	45.0	20.0	17.0	5.5	1.7	1.5	1.0	4.5	19.7	21.5	26.0
2010	22.0	25.0	18.5	14.8	14.0	0.0	3.0	0.0	6.0	11.0	12.5	17.5
2011	12.0	13.0	16.0	15.0	0.0	2.0	3.5	0.0	8.0	5.0	S/D	17.0
2012	23.5	26.2	25.0	20.0	6.0	3.5	0.0	0.0	4.5	12.5	11.5	14.0
2013	18.0	18.0	30.0	21.5	10.5	12.5	0.0	13.0	7.0	12.5	15.0	11.0
2014	13.5	20.5	24.0	15.0	9.0	0.0	3.0	4.5	10.0	8.5	6.5	18.0
2015	22.0	15.5	31.5	16.0	11.5	11.0	3.5	0.0	8.0	6.5	13.2	13.5
2016	18.6	21.0	15.2	7.6	1.5	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	3.5	11.0

S/D= Sin Dato
T = Traza



INFORMACION PREPARADA PARA : RHIND GROUP S.A.C
LIMA, 18 DE AGOSTO DEL 2017

VÁLIDO SÓLO EN ORIGINAL

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL





OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CABANA / 004431 / DRE-04

PARAMETRO : TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 8 ° 23 ' "S"

DPTO. : ANCASH

LONG. : 78 ° 0 ' "W"

PROV. : PALLASCA

ALT. : 3160 msnm

DIST. : CABANA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	S/D	S/D	S/D	S/D	14.5	14.6	15.5	15.4	15.4	15.0	15.0	13.2
2004	14.4	13.7	14.5	15.3	S/D	16.8	15.3	15.5	15.7	14.6	14.6	14.3
2005	15.4	14.9	13.5	16.2	16.8	17.0	16.9	17.1	17.3	16.1	16.4	14.1
2006	14.5	13.1	12.6	14.1	16.1	16.3	17.3	16.6	17.2	16.5	14.7	13.3
2007	13.8	14.3	11.3	13.1	16.2	16.9	16.6	16.6	16.5	15.4	14.9	14.7
2008	12.4	11.6	12.1	12.1	15.5	17.0	17.0	16.9	17.0	14.7	14.7	15.7
2009	13.7	13.1	12.7	13.4	15.8	16.6	16.8	17.8	17.8	14.8	15.7	15.5
2010	15.3	15.3	15.1	16.0	16.6	17.0	16.6	16.7	16.5	16.5	15.6	14.1
2011	14.4	13.9	12.8	12.8	16.0	16.3	15.5	16.0	15.9	15.2	S/D	13.5
2012	13.3	13.9	14.1	13.9	15.1	16.2	16.5	16.9	17.0	S/D	S/D	S/D

Ing. Oswaldo Nique Asmat
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
 TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Dato
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.
 LIMA , 19 DE FEBRERO DEL 2013



DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

ESTACION : 004431 / CABANA / DZ-04
 PARAMETRO: TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT : 08° 23' "S"
 LONG : 78° 00' "W"
 ALT : 3364 msnm.

DPTO. : ANCASH
 PROV. : PALLASCA
 DIST. : CABANA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	15.3	13.8	13.4	15.1	15.5	16.1	16.7	16.4	17.5	14.5	15.4	14.8
2014	15.2	14.6	13.9	15.5	15.5	16.5	16.8	17.0	15.2	16.6	16.5	14.6
2015	14.4	14.5	14.2	15.0	15.9	17.5	17.6	18.4	18.1	16.7	16.1	16.2
2016	17.4	15.6	16.2	17.0	17.9	17.7	18.0	19.0	17.8	17.4	18.6	16.4
2017	14.2	14.3	13.4	13.9	15.0	16.1	17.5	17.9	17.2	16.0	S/D	S/D

S/D = Sin Dato.

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ELORO S.A.C.
 LIMA, 13 DE FEBRERO DE 2018

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
 TOTAL O PARCIAL**



VÁLIDO SÓLO EN ORIGINAL



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CABANA / 004431 / DRE-04

LAT. : 8 ° 23' "S"

DPTO. : ANCASH

PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LONG. : 78 ° 0' "W"

PROV. : PALLASCA

ALT. : 3160 msnm

DIST. : CABANA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	S/D	S/D	S/D	S/D	10.8	10.4	10.6	10.9	10.7	10.6	10.8	9.9
2004	10.1	10.2	10.9	10.8	S/D	11.1	10.3	10.5	10.6	10.4	10.3	10.1
2005	10.7	10.8	10.2	11.1	11.1	11.2	11.0	11.1	11.2	10.9	10.6	9.7
2006	9.8	10.1	9.8	10.0	10.7	10.8	11.0	10.9	11.1	11.2	10.6	10.2
2007	10.4	10.4	9.3	10.0	11.0	11.1	11.0	10.9	11.1	10.8	10.3	10.5
2008	10.0	9.2	10.0	10.1	10.8	11.1	11.0	11.0	11.4	10.9	10.7	10.9
2009	10.6	10.5	10.3	10.4	10.9	11.1	11.2	11.3	11.5	11.0	11.2	11.1
2010	11.0	10.9	10.9	11.3	11.2	11.1	11.2	10.9	11.2	11.4	10.8	10.5
2011	10.3	10.5	9.6	10.0	10.9	10.4	10.5	10.2	11.1	10.2	S/D	10.0
2012	9.8	9.6	10.1	10.2	10.3	10.7	10.8	11.0	10.8	S/D	S/D	S/D

Ing. Oswaldo Nique Asmat
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMHI

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
 TOTAL O PARCIAL**

S/D= Sin Dato
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.

LIMA , 19 DE FEBRERO DEL 2013



DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

ESTACION : 004431 / CABANA / DZ-04

PARAMETRO: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT : 08° 23' "S"

LONG : 78° 00' "W"

ALT : 3364 msnm.

DPTO. : ANCASH

PROV. : PALLASCA

DIST. : CABANA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	10.6	10.2	9.9	10.6	10.5	10.6	10.6	10.9	11.0	10.3	10.4	10.5
2014	10.6	10.5	10.4	10.9	10.7	11.1	11.1	11.1	10.7	11.1	11.0	10.7
2015	10.6	10.5	10.4	11.2	11.2	11.8	12.4	12.1	12.0	11.5	11.3	11.3
2016	12.1	11.6	11.8	12.3	12.2	11.8	11.1	11.9	11.8	11.3	11.3	10.7
2017	10.3	10.3	10.1	10.6	10.7	11.0	11.1	11.3	11.4	10.8	S/D	S/D

S/D = Sin Dato.

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ELORO S.A.C.
LIMA, 13 DE FEBRERO DE 2018

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL**



VÁLIDO SÓLO EN ORIGINAL



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CABANA / 004431 / DRE-04

PARAMETRO : TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 8 ° 23 ' "S"

DPTO. : ANCASH

LONG. : 78 ° 0 ' "W"

PROV. : PALLASCA

ALT. : 3160 msnm

DIST. : CABANA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	S/D	S/D	S/D	S/D	8.1	7.1	7.1	7.8	7.7	7.6	7.9	7.7
2004	7.2	7.7	8.4	7.8	S/D	7.2	6.7	7.0	6.8	7.3	7.0	6.9
2005	7.0	S/D	7.9	7.4	6.8	6.1	5.9	6.3	6.6	7.2	6.3	6.2
2006	6.8	7.9	7.6	6.9	6.9	6.8	6.7	7.0	6.8	7.1	7.3	7.7
2007	8.0	7.2	7.6	7.6	7.4	7.0	7.0	6.5	6.9	7.6	6.8	7.1
2008	8.3	7.3	8.6	8.9	7.7	6.3	7.3	7.2	7.9	8.5	8.3	8.0
2009	8.6	9.1	8.6	8.5	7.7	7.6	7.7	7.2	7.6	8.4	8.5	8.2
2010	8.2	8.0	8.2	8.0	7.7	7.0	7.6	6.7	7.4	7.8	7.2	8.1
2011	7.7	8.2	7.0	8.1	7.5	6.4	6.6	6.2	7.7	6.3	S/D	7.7
2012	7.4	6.4	7.4	7.1	7.3	6.9	6.4	6.9	6.4	S/D	S/D	S/D

Ing. Oswaldo Nique Asmat
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMHI

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
 TOTAL O PARCIAL

S/D= Sin Dato

T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.

LIMA , 19 DE FEBRERO DEL 2013



DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

ESTACION : 004431 / CABANA / DZ-04

PARAMETRO: TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT : 08° 23' "S"

LONG : 78° 00' "W"

ALT : 3364 msnm.

DPTO. : ANCASH

PROV. : PALLASCA

DIST. : CABANA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	7.6	7.7	7.5	7.4	6.7	6.5	6.5	7.4	6.7	7.2	6.7	7.2
2014	7.7	7.7	7.5	7.5	7.0	6.3	6.7	6.7	7.3	6.6	6.9	7.4
2015	7.6	7.3	7.5	7.6	7.3	6.7	6.3	6.6	7.2	7.3	7.4	7.6
2016	8.0	8.4	8.2	8.2	7.7	6.8	5.9	6.9	7.3	7.1	6.1	6.9
2017	7.6	7.3	7.4	7.9	7.2	6.9	6.0	6.7	7.9	7.3	S/D	S/D

S/D = Sin Dato.

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ELORO S.A.C.

LIMA, 13 DE FEBRERO DE 2018

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL**



VÁLIDO SÓLO EN ORIGINAL



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CABANA / 004431 / DRE-04

PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

LAT. : 8 ° 23 ' "S"

DPTO. : ANCASH

LONG. : 78 ° 0 ' "W"

PROV. : PALLASCA

ALT. : 3160 msnm

DIST. : CABANA

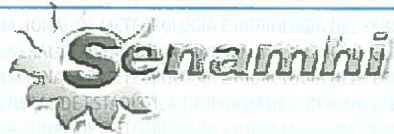
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	S/D	S/D	S/D	S/D	76.2	73.2	63.1	65.1	65.7	70.1	70.8	83.3
2004	73.9	84.6	82.4	76.5	S/D	64.9	72.8	68.6	72.6	78.0	76.1	81.1
2005	75.7	83.5	85.6	77.7	66.9	61.2	57.6	59.6	62.6	70.4	70.6	82.6
2006	86.0	91.1	94.2	88.7	83.5	85.0	81.2	75.4	70.4	68.4	76.7	85.4
2007	88.2	84.5	94.8	88.3	73.3	67.6	70.1	65.6	69.0	76.4	81.5	82.4
2008	92.3	94.4	92.9	94.9	76.3	61.4	72.5	70.8	72.7	86.5	84.2	79.1
2009	87.6	92.8	94.1	90.5	78.8	72.7	75.3	68.5	69.0	85.2	82.3	81.6
2010	84.1	85.1	85.0	81.0	77.5	69.4	70.9	65.5	73.6	75.7	78.2	86.9
2011	84.7	89.3	89.3	90.4	71.4	65.4	68.6	63.3	75.5	68.5	S/D	87.7
2012	87.0	84.7	86.0	87.5	80.2	66.7	69.2	64.7	69.6	S/D	S/D	S/D

Ing. Oswaldo Nique Asmat
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMHI

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
 TOTAL O PARCIAL

S/D= Sin Dato
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.
 LIMA , 19 DE FEBRERO DEL 2013



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CABANA / 004431 / DRE-04

PARAMETRO : DIRECCION PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO REGISTRADA EN EL MES (M/S)

LAT. : 8 ° 23 ' "S"

DPTO. : ANCASH

LONG. : 78 ° 0 ' "W"

PROV. : PALLASCA

ALT. : 3160 msnm

DIST. : CABANA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	SW-1.2	SW-1.4	SW-1.6	SW-1.4	SW-1.4	SW-.8	SW-.8	SW-.7
2006	SW-.8	C-0	C-0	C-0	SW-.8	SW-.7	SW-1.3	SW-.8	SW-1.3	SW-1.0	SW-.9	C-0
2007	C-0	SW-.8	C-0	C-0	SW-.6	SW-.7	SW-.6	SW-.7	C-0	C-0	C-0	C-0
2008	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	W-.6	SW-.8	SW-1.1	SW-.6	C-0	C-0	C-0
2009	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	SW-.5	SW-.6	SW-.6	SW-.5	C-0	C-0	SW-.5
2010	C-0	SW-.7	SW-1.1	SW-1.2	SW-1.4	SW-1.3	W-1.1	SW-3.1	SW-1.4	SW-1.3	SW-1.2	SW-.8
2011	SW-1.0	SW-.7	SW-.9	W-1.0	SW-1.9	W-1.6	W-1.7	S-2.7	S-1.5	-	S/D	S-.8
2012	S-1.0	S-1.0	S-.9	S-.7	S-1.4	S-1.7	S-1.4	W-1.6	W-1.6	S/D	S/D	S/D

Ing. Oswaldo Nique Asmat
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMHI

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
 TOTAL O PARCIAL

S/D= Sin Dato
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.

LIMA , 19 DE FEBRERO DEL 2013

FICHA TÉCNICA REGISTRO DE PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA

Tesis:

Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huandoval – Ancash, 2018

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Estación de Monitoreo ⁽¹⁾ :

AG-CA-02

Tipo de Muestra :

L

L= Líquida S= Sólida G= Gaseosa

Clase:

R

E= Emisor R= Receptor

Equipo empleado:

MULTIPARAMETRO ELAB-2694

Descripción ⁽⁴⁾ :

Aguas Arriba del Proyecto

UBICACIÓN

Distrito :

Provincia :

Departamento :

PALLASCA	PALLASCA	ANCASH
----------	----------	--------

Referencia :

Quebrada Puca

Coordenadas U.T.M. (En Datum Horizontal UTM WGS 84) de los VES

Norte: 9 082 372

Este: 174 361

Altitud: 4035

Zona: 18 S



Fecha: 09/12/2017

FICHA TÉCNICA REGISTRO DE PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA

Tesis:

Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huandoval – Ancash, 2018

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Estación de Monitoreo ⁽¹⁾ :

AG-PB-02

Tipo de Muestra :

L

L= Líquida S= Sólida G= Gaseosa

Clase:

R

E= Emisor R= Receptor

Equipo empleado:

MULTIPARAMETRO ELAB-2694

Descripción ⁽⁴⁾ :

Aguas Arriba del Proyecto

UBICACIÓN

Distrito :

Provincia :

Departamento :

PALLASCA	PALLASCA	ANCASH
----------	----------	--------

Referencia :

Quebrada Puca

Coordenadas U.T.M. (En Datum Horizontal UTM WGS 84) de los VES

Norte: 9 080 943

Este: 172 150

Altitud: 3830

Zona: 18 S



Fecha: 09/12/2017

FICHA TÉCNICA REGISTRO DE PUNTOS DE MUESTREO DE ROCA

Tesis:

Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huandoval – Ancash, 2018

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código de Estación de Monitoreo ⁽¹⁾ :

RO-CA-02

Tipo de Muestra :

S

L= Líquida S= Sólida G= Gaseosa

Clase:

E

E= Emisor R= Receptor

Equipo empleado:

MULTIPARAMETRO ELAB-2694

Descripción ⁽⁴⁾ :

Rocas que fueron desgrozadas para la construcción de la carretera canyuguran

UBICACIÓN

Distrito :

PALLASCA

Provincia :

PALLASCA

Departamento :

ANCASH

Referencia :

Carretera Canyuguran

Coordenadas U.T.M. (En Datum Horizontal UTM WGS 84) de los VES

Norte: 9 081 906

Este: 174 888

Altitud: 4168

Zona: 18 S



Fecha: 09/12/2017

FOTOGRAFÍAS

ÁREA DE ESTUDIO



Cabecera de la Quebrada Puca



Quebrada Puca



Ganadería de Huandoval
(Vacuno, Ovino, Equino, Avicultura)

Fuente: Imágenes tomadas por la Autora, Pallasca - Ancash (2017)

ROCAS IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	
<p>Rocas oxidadas y erosionadas hídrica (Productoras de Lixiviados ácidos y liberadoras de iones metálicos)</p>	<p>Testigos extraídos en la zona de exploración, que tiene presencia de Pirita</p>

Fuente: Imágenes tomadas por la Autora, Pallasca - Ancash (2017)

ELABORACIÓN DE LA COLUMNA WINOGRADSKY



COMPOST (1 Kg.)



HUMUS DE LOMBRIZ



MESCLA DE LOS INGREDIENTES



BASE DE LA COLUMNA CON PARTES NEGRAS

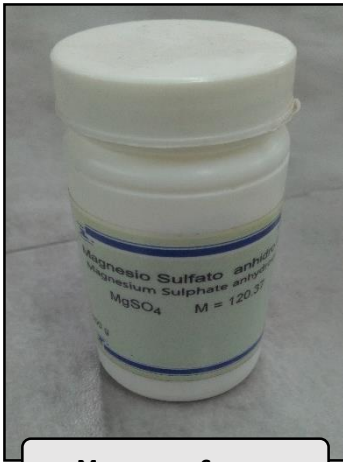


BASE DE LA COLUMNA CON PARTES NEGRAS

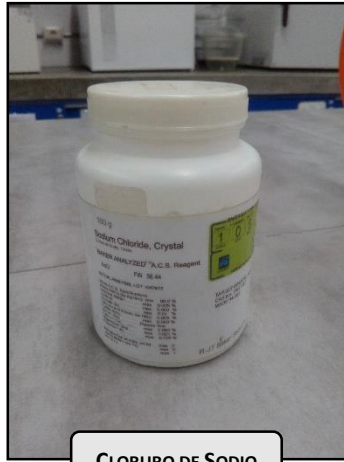


COLUMNA WINOGRADSKY (28 DÍAS)

PREPARACIÓN DEL CULTIVO POSTAGE C



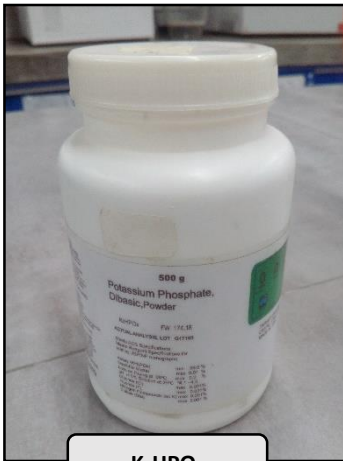
MANGANESIO SULFATO



CLORURO DE SODIO



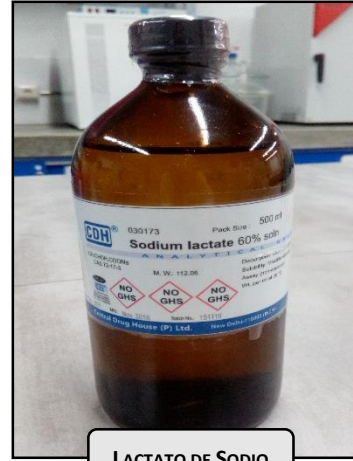
EXTRACTO DE LEVADURA



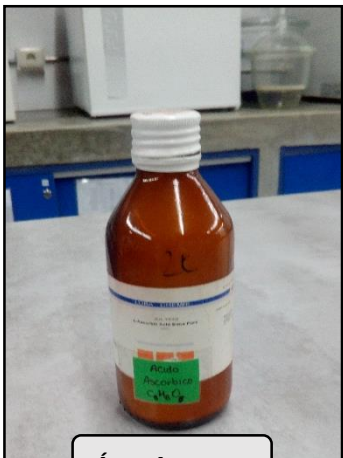
K_2HPO_4



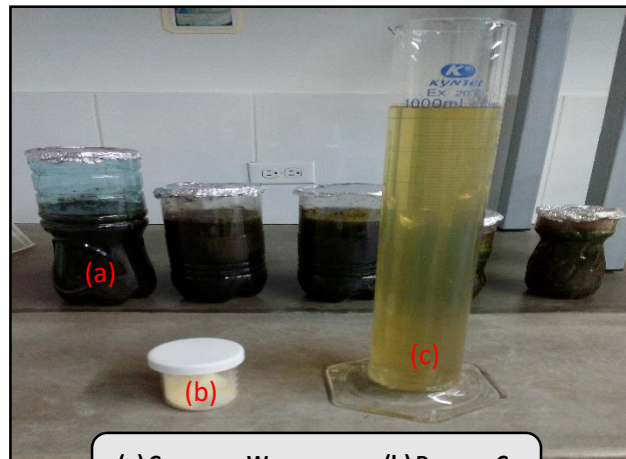
SULFATO DE AMONIO FERROSO



LACTATO DE SODIO



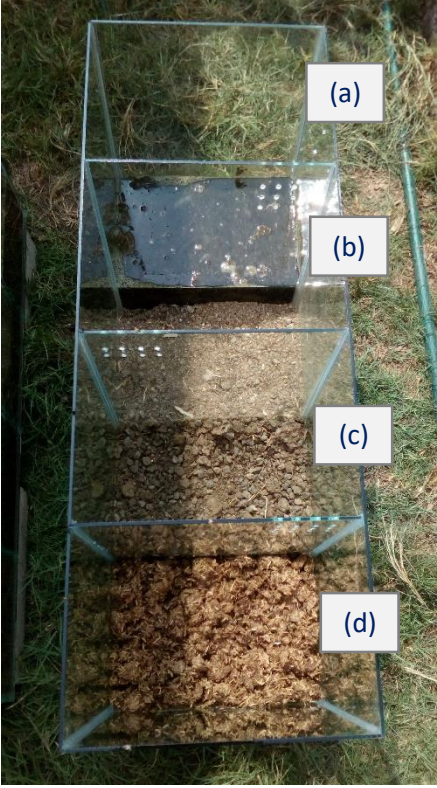


ÁCIDO ASCORBICO



(a) COLUMNAS WINOGRADSKY; (b) POSTAGE C;
(c) 1L DE AGUA DESTILADA Y POSTAGE C

COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO

 <p>(a)</p> <p>(b)</p>	 <p>(a)</p> <p>(b)</p>	 <p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p> <p>(d)</p>
<p>(a) Cantera de Rocas Calizas -Huancayo (b) Rocas calizas proporción a un puño</p>	<p>Cultivo de Bacterias Sulfato Reductor a: (a) 15 días, (b) 23 días</p>	<p>Estiércoles de animales: (a) Vaca, (b) Gallina, (c) Oveja, (d) Caballo</p>

Fuente: Imágenes tomadas por la Autora, (2017)

SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO



Fuente: Imágenes tomadas por la Autora, (2017)

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE PH, SULFATO, CONDUCTIVIDAD Y SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS EN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UCV- SJJ

Conductividad Eléctrica (ms/cm) – STP “A”



Estiércol de Caballo



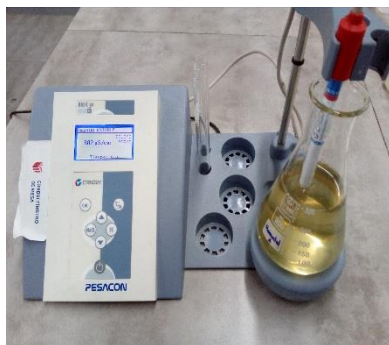
Estiércol de Gallina



Estiércol de Oveja



Estiércol de Caballo



Humedal “A”



Muestras de cada componente del Sistema de Tratamiento Pasivo “A”

Sulfatos (pH) – STP “A”



Estiércol de Caballo



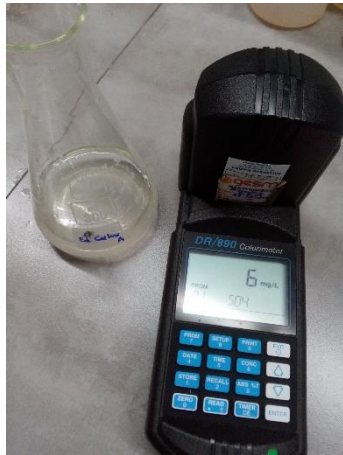
Estiércol de Gallina



Estiércol de Oveja



Estiércol de Caballo



Humedal “A”



Muestras de cada componente del Sistema de Tratamiento Pasivo “A”

Potencial de Hidrogeno (pH) – STP “A”



Estiércol de Caballo



Estiércol de Gallina



Estiércol de Oveja



Estiércol de Caballo



Humedal “A”



Muestras de cada componente del Sistema de Tratamiento Pasivo “A”

Fuente: Imágenes tomadas por la Autora, (2018)

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 1 Matriz de operacionalización de las variables de la investigación

CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL DRENAJE ACIDO DE MINA DE LA QUEBRADA PUCA, DISTRITO HUANDOVAL – ANCASH, 2018										
TIP O	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	
GENERAL	¿Cuál fue la capacidad del sistema de tratamiento pasivo para mejora la calidad del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018?	Evaluar la capacidad del sistema de tratamiento pasivo para mejora la calidad del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018	La capacidad del sistema de tratamiento pasivo influye significativamente en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018	SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO	El sistema de tratamiento pasivo es un proceso de eliminación secuencial de metales y/o acides en un bio sistema de aspecto natural que combinan procesos naturales de tipo físico, químico y biológico, el cual implica la inmovilización de los precipitados metálicos que se forman. Este puede funcionar durante varios años y representa costos reducidos de ejecución y mantenimiento. (Gusek, 2009, p. 2)	Para la elaboración del diseño del sistema de tratamiento pasivo, se evaluó las condiciones climáticas y topográficas del área para considerar estos criterios en el diseño del STP a fin de que está presente características similares al área de estudio, además se tomaron en cuenta los siguientes criterios: - Calculo de capacidad del STP y el volumen a tratar de drenaje acido. - Características del drenaje acido a tratar, para diseñar la configuración del sistema de tratamiento pasivo. - Generar las condiciones para que puedan desarrollarse los procesos físicos, químicos y biológicos.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO	Dimensiones del Sistema	Metros (m)	
								Componentes (Roca Caliza, Sustratos, Bacterias Sulfato Reductoras)	Kg Litros	
								Tiempo de retención	Días	
								REDUCCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS E INORGANICOS	Reducción de Acidez	%
									Reducción de Sulfatos	%
									Reducción de Metales	%
ESPECÍFICO	¿Cuál fue la influencia del diseño del sistema de tratamiento pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018?	Determinar cómo influyo el diseño del sistema de tratamiento pasivo en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018	El diseño del sistema de tratamiento pasivo influye significativamente en la mejora de la calidad del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018	MEJORA DE LA CALIDAD DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA	La mejora de la calidad del agua debe referirse a que se cumpla con los requisitos para el uso que se pretenda darle. (Orozco, 2011, p.281) Asi mismo el D.S. N°004-2017-MINAM, define al estándar de calidad ambiental como la medida que establece el nivel de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. (MINAM, 2017, p. 1)	Para evaluar la mejora de la calidad del drenaje acido, se analizaron los siguientes parámetros: - Parámetros Físicos (conductividad y solidos suspendidos), evaluados con una frecuencia diaria durante 19 días. - Parámetros Químicos (pH, sulfatos), evaluados con una frecuencia diaria durante 19 días. Barrido total de iones metálicos atreves del método de espectrometría de masas, con una frecuencia semestral, durante un mes.	PARÁMETROS FÍSICOS	Temperatura	°C	
								Conductividad	mS/cm	
								Solidos suspendidos	mg/L	
ESPECÍFICO	¿Los parámetros físicos - químicos e inorgánicos, se encuenran dentro de los ECA para agua, después del tratamiento del drenaje ácido de mina Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018?	Determinar si los parámetros físicos - químicos e inorgánicos se redujeron después del tratamiento del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018	Los parámetros físicos – químicos e inorgánicos se redujeron significativamente, después del tratamiento del drenaje ácido de mina, Quebrada Puca, distrito de Huandoval – Ancash, 2018	MEJORA DE LA CALIDAD DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA	La mejora de la calidad del agua debe referirse a que se cumpla con los requisitos para el uso que se pretenda darle. (Orozco, 2011, p.281) Asi mismo el D.S. N°004-2017-MINAM, define al estándar de calidad ambiental como la medida que establece el nivel de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. (MINAM, 2017, p. 1)	Para evaluar la mejora de la calidad del drenaje acido, se analizaron los siguientes parámetros: - Parámetros Físicos (conductividad y solidos suspendidos), evaluados con una frecuencia diaria durante 19 días. - Parámetros Químicos (pH, sulfatos), evaluados con una frecuencia diaria durante 19 días. Barrido total de iones metálicos atreves del método de espectrometría de masas, con una frecuencia semestral, durante un mes.	PARÁMETROS QUÍMICOS	pH	6.5 - 7.5	
								SO4=	mg/L	
								Iones Metálicos (Fe, Al, Zn, Mn)		

Fuente: Elaborado por la autora (Mayo, 2018)

ANEXO 2

**INSTRUMENTO QUE MIDE LOS PARÁMETROS
FÍSICOS Y QUÍMICOS DE CADA UNO DE LOS
COMPONENTES DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO PASIVO**

N°	Fecha	Ph												
		DAR	CCA	CAR	Celda de Sustratos orgánicos								POST -SERST	
					EV_HA	EV_HB	EG_HA	EG_HB	EO_HA	EO_HB	EC_HA	EC_HB	Humedal A	Humedal B
1	19-May	2.54	4.72	5.33	7.40	7.23	7.38	7.29	7.54	7.62	7.55	7.64	7.79	7.80
2	21-May	2.55	4.69	5.35	7.39	7.28	7.33	7.24	7.50	7.58	7.49	7.60	7.75	7.74
3	22-May	2.57	4.68	5.34	7.37	7.21	7.30	7.20	7.46	7.53	7.52	7.63	7.68	7.70
4	23-May	2.56	4.70	5.36	7.35	7.25	7.34	7.25	7.49	7.50	7.58	7.59	7.68	7.71
5	24-May	2.55	4.74	5.33	7.40	7.21	7.20	7.22	7.55	7.52	7.60	7.55	7.69	7.66
6	25-May	2.56	4.70	5.33	7.44	7.32	7.18	7.22	7.58	7.55	7.62	7.58	7.60	7.60
7	26-May	2.55	4.67	5.31	7.33	7.36	7.38	7.30	7.65	7.60	7.58	7.64	7.63	7.64
8	28-May	2.59	4.63	5.28	7.45	7.42	7.36	7.25	7.60	7.58	7.60	7.69	7.68	7.75
9	29-May	2.56	4.60	5.29	7.49	7.32	7.33	7.30	7.58	7.60	7.59	7.64	7.70	7.68
10	30-May	2.57	4.51	5.23	7.45	7.24	7.32	7.20	7.63	7.64	7.56	7.65	7.63	7.62
11	31-May	2.58	4.48	5.21	7.43	7.21	7.28	7.10	7.60	7.61	7.59	7.58	7.60	7.64
12	1-Jun	2.56	4.37	5.19	7.38	7.22	7.22	7.09	7.50	7.58	7.52	7.50	7.64	7.67
13	2-Jun	2.55	4.33	5.14	7.43	7.19	7.19	7.07	7.45	7.55	7.49	7.53	7.60	7.65
14	4-Jun	2.56	4.39	5.18	7.36	7.27	7.17	7.11	7.50	7.61	7.53	7.60	7.64	7.72
15	5-Jun	2.55	4.37	5.16	7.32	7.24	7.15	7.14	7.47	7.59	7.50	7.58	7.70	7.79
16	6-Jun	2.58	4.21	5.10	7.36	7.29	7.18	7.20	7.49	7.49	7.54	7.57	7.72	7.82
17	7-Jun	2.59	4.16	5.12	7.37	7.22	7.14	7.23	7.45	7.45	7.48	7.54	7.76	7.84
18	8-Jun	2.57	4.23	5.16	7.41	7.19	7.15	7.19	7.43	7.50	7.45	7.55	7.81	7.80
19	9-Jun	2.58	4.29	5.19	7.37	7.15	7.26	7.16	7.42	7.52	7.44	7.57	7.84	7.82

Fuente: Elaboración propia de la Autora, 2018.

N°	Fecha	Conductividad												
		DAR	CCA	CAR	Celda de Sustratos orgánicos								POST -SERST	
					EV_HA	EV_HB	EG_HA	EG_HB	EO_HA	EO_HB	EC_HA	EC_HB	Humedal A	Humedal B
1	19-May	3.53	4.79	4.64	1267	940	693	712	924	960	482	797	604	631
2	21-May	3.55	4.76	4.66	1265	946	688	707	919	955	478	793	601	631
3	22-May	3.58	4.75	4.65	1262	937	685	703	914	949	480	796	595	627
4	23-May	3.56	4.77	4.67	1258	943	689	708	918	945	483	792	595	630
5	24-May	3.55	4.81	4.64	1267	937	676	705	925	948	485	787	596	623
6	25-May	3.56	4.77	4.64	1273	952	674	705	929	951	486	791	589	624
7	26-May	3.50	4.74	4.62	1255	957	693	713	938	958	483	797	591	627
8	28-May	3.00	4.69	4.60	1275	965	691	708	932	955	485	802	598	631
9	29-May	3.56	4.66	4.61	1282	952	688	713	929	958	484	797	597	632
10	30-May	3.58	4.57	4.55	1275	941	687	703	935	963	482	798	591	631
11	31-May	3.59	4.54	4.54	1272	937	683	694	932	959	484	791	589	628
12	1-Jun	3.56	4.43	4.52	1263	939	678	693	919	955	480	782	592	623
13	2-Jun	3.55	4.39	4.48	1272	935	675	691	913	951	478	785	589	623
14	4-Jun	3.56	4.45	4.51	1260	945	673	695	919	959	480	793	592	621
15	5-Jun	3.55	4.43	4.49	1253	941	671	698	916	956	478	791	597	626
16	6-Jun	3.59	4.27	4.44	1260	948	674	703	918	944	481	790	600	629
17	7-Jun	3.60	4.22	4.46	1262	939	670	706	913	939	477	786	598	631
18	8-Jun	3.58	4.29	4.49	1268	935	671	702	911	945	475	787	600	627
19	9-Jun	3.59	4.35	4.52	1262	930	682	700	910	948	475	790	602	631

Fuente: Elaboración propia de la Autora, 2018.

N°	Fecha	Solidos Totales Suspendidos												
		DAR	CCA	CAR	Celda de Sustratos orgánicos								POST -SERST	
					EV_HA	EV_HB	EG_HA	EG_HB	EO_HA	EO_HB	EC_HA	EC_HB	Humedal A	Humedal B
1	19-May	1824	2475	2403	624	461	335	346	453	471	231	388	292	305
2	21-May	1831	2459	2412	623	464	333	344	450	468	229	386	290	205
3	22-May	1845	2455	2408	621	460	332	342	448	465	230	388	288	303
4	23-May	1838	2465	2417	619	462	334	344	450	463	232	386	288	305
5	24-May	1831	2486	2403	624	460	327	343	453	465	232	383	288	301
6	25-May	1838	2465	2403	627	467	326	343	455	466	233	385	285	302
7	26-May	1831	2449	2394	618	469	335	347	459	469	232	388	286	303
8	28-May	1860	2428	2381	628	473	335	344	456	468	232	391	289	305
9	29-May	1838	2413	2385	631	467	333	347	455	469	232	388	288	306
10	30-May	1845	2365	2358	628	462	332	342	458	472	231	389	286	305
11	31-May	1853	2350	2349	626	460	330	337	456	470	232	385	285	304
12	1-Jun	1838	2292	2340	622	460	328	337	450	468	230	381	286	301
13	2-Jun	1831	2271	2317	626	459	326	336	447	466	229	382	285	301
14	4-Jun	1838	2302	2335	620	464	325	338	450	470	230	386	286	300
15	5-Jun	1831	2292	2326	617	462	325	339	449	469	229	385	288	303
16	6-Jun	1853	2208	2299	620	465	326	342	450	463	231	385	290	304
17	7-Jun	1860	2182	2308	621	460	324	343	447	460	229	383	289	305
18	8-Jun	1845	2219	2326	624	459	325	341	446	463	228	383	290	303
19	9-Jun	1853	2250	2340	621	456	330	340	446	465	228	385	291	305

N°	Fecha	Solidos Totales Suspendidos									
		Celda de Sustratos orgánicos								POST -SERST	
		EV_HA	EV_HB	EG_HA	EG_HB	EO_HA	EO_HB	EC_HA	EC_HB	Humedal A	Humedal B
1	19-May	172	160	100	88	44	52	36	40	52	48
2	21-May	156	144	92	96	40	44	32	40	40	44
3	22-May	152	140	84	76	36	32	24	36	36	38
4	23-May	132	132	76	72	44	52	28	44	44	36
5	24-May	120	144	64	60	40	60	36	40	40	32
6	25-May	124	136	56	52	36	28	32	36	36	38
7	26-May	108	132	52	68	28	36	24	28	32	36
8	28-May	100	120	68	84	20	28	24	40	40	44
9	29-May	84	112	60	100	32	32	28	32	44	40
10	30-May	92	132	64	88	40	36	24	44	36	36
11	31-May	88	152	60	84	76	48	36	52	32	28
12	1-Jun	100	140	40	60	84	60	48	44	20	24
13	2-Jun	96	120	60	52	44	36	32	40	16	20
14	4-Jun	92	108	64	56	48	32	24	36	28	24
15	5-Jun	84	88	60	64	48	40	28	32	24	20
16	6-Jun	80	76	44	40	36	28	28	28	20	18
17	7-Jun	76	72	40	36	32	40	16	44	28	24
18	8-Jun	68	64	36	32	28	28	20	36	24	20
19	9-Jun	64	56	44	36	32	28	24	28	20	20

Fuente: Elaboración propia de la Autora, 2018.

ANEXO 3

INSTRUMENTO QUE COMPARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO CON LOS ECA Y LMP

INSTRUMENTO QUE COMPARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO CON LOS ECA Y LMP

Parámetros		CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LIQUIDOS DE ACTIVIDAD MINERO - METALÚRGICAS (D.S. N° 010-2010-MINAM)	Análisis de DAR Huandoval (26-11-18)	Análisis de DAR Huandoval (09-12-18)	Análisis DAR STP (19-05-18)	Análisis después del tratamiento (09-06-18)											
		Unidad de Medida	D1: Riego de Vegetales						D2: Bebida de Animales	Cauce Quebrada Puca	Charco de DAR	Post-simulación de DAR	Humedal A (19-05-18)	Humedal A (26-05-18)	Humedal A (02-06-18)	Humedal A (09-06-18)	Humedal B (19-05-18)	Humedal B (26-05-18)	Humedal B (02-06-18)	Humedal B (09-06-18)
			Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido					Bebida de Animales											
Físicos - químicos	Conductividad	(µS/cm)	2 500	5 000		646	1250	359	624	504	723	602	721	674	583	631				
	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	6,0 - 9,0	5.97	2.75	2.58	7.79	7.92	7.66	7.84	7.85	7.80	7.75	7.82				
	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L			50			1853	302	284	341	302	299	321	401	315				
	Sulfatos	mg/L	1000	1 000		699	1753	1506	80	57	34	30	76	45	26	20				
	Temperatura	°C	3	3		10.9	11	18	16	16	16	16	16	16	16	16				
Inorgánicos	Aluminio	mg/L	5	5		6.14	14.764	9.629	1.74	1.82	1.73	1.67	2	1.87	1.76	1.64				
	Arsénico	mg/L	0,1	0,2	0,1	0.0016	0.0437	0.0408	0.0011	0.0012	0.001	0.0009	0.0032	0.003	0.0031	0.0027				
	Bario	mg/L	0,7	**		0.0011	0.062	0.045	0.032	0.027	0.028	0.032	0.0078	0.0078	0.0078	0.038				
	Berilio	mg/L	0,1	0,1		0.0006	0.00006	0.0004	0.0077	0.0074	0.0076	0.0057	0.0087	0.0084	0.0081	0.0078				
	Boro	mg/L	1	5		0.0039	0.197	0.255	0.084	0.084	0.084	0.084	0.067	0.067	0.067	0.067				
	Cadmio	mg/L	0,01	0,05	0.05	<0.0002	<0.0002	0.00539	0.0012	0.0012	0.0011	0.001	0.0007	0.0007	0.0006	0.0005				
	Cobre	mg/L	0,2	0,5	0.5	0.0041	0.1115	0.1448	0.01	0.093	0.095	0.093	0.09	0.076	0.069	0.069				
	Cobalto	mg/L	0,05	1		0.0008	0.04452	0.04624	0.017	0.017	0.016	0.0174	0.05	0.02	0.03	0.02				
	Cromo Total	mg/L	0,1	1		<0.0005	0.0006	0.0029	0.0008	0.0008	0.0009	0.0005	0.0056	0.0036	0.0036	0.0056				
	Hierro	mg/L	5	**	2	14	30.04	35.69	1.23	1.09	0.98	0.85	1.34	1.28	1.12	1.09				

Parámetros	CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LIQUIDOS DE ACTIVIDAD MINERO - METALÚRGICAS (D.S. N° 010-2010-MINAM)	Análisis de DAR Huandoval (26-11-18)	Análisis de DAR Huandoval (09-12-18)	Análisis DAR STP (19-05-18)	Análisis después del tratamiento (09-06-18)											
	Unidad de Medida	D1: Riego de Vegetales						D2: Bebida de Animales	Cauce Quebrada Puca	Charco de DAR	Post-simulación de DAR	Humedal A (19-05-18)	Humedal A (26-05-18)	Humedal A (02-06-18)	Humedal A (09-06-18)	Humedal B (19-05-18)	Humedal B (26-05-18)	Humedal B (02-06-18)	Humedal B (09-06-18)
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido					Bebida de Animales											
Litio	mg/L	2,5	2,5		0.0019	0.0016	0.09	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032				
Magnesio	mg/L	**	250			73.65	74.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2				
Manganeso	mg/L	0,2	0,2		8.08	9.36	10.02	0.32	0.28	0.16	0.12	0.37	0.31	0.26	0.18				
Mercurio	mg/L	0,001	0,01	0,002	0.0001	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001				
Níquel	mg/L	0,2	1		0.0011	0.015	0.0377	0.018	0.018	0.018	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016				
Plomo	mg/L	0,05	0,05	0.2	0.0031	0.0037	0.00631	0.0022	0.0022	0.0018	0.002	0.0025	0.0022	0.0019	0.0015				
Selenio	mg/L	0,02	0,05		0.0002	0.0002	0.002	0.0002	0.00023	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001				
Zinc	mg/L	2	24	1,5	2.99	13.9	9.28	0.32	0.28	0.16	0.12	0.37	0.31	0.26	0.18				

Fuente: Elaboración propia de la autora, 2018.

Yo, Rita Jaqueline Cabello Torres, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo - Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"...Capacidad del sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje ácido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huancavelica - Arequipa, 2018"

, del (de la) estudiante ... *Paucan Garcia Sharon Keith*

....., constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17...% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.


San Juan de Lurigancho, 17 de julio del 2018



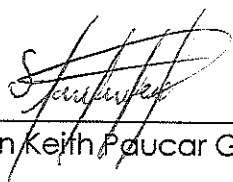
Firma

Rita Jaqueline Cabello Torres
DNI N° 08947396

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Sharon Keith Paucar Garcia, identificado con DNI N° 77484954, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Capacidad del Sistema de Tratamiento Pasivo para mejorar la calidad del drenaje acido de mina de la Quebrada Puca, distrito Huandoval - Ancash, 2018", en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33



Sharon Keith Paucar Garcia

DNI: 77484954

FECHA: Jueves 19 de Julio del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------