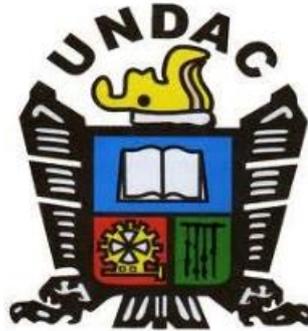


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación de los parámetros físicos y químicos de los recursos  
hídricos en el Distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos  
ambientales de carbón Provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco -  
2018**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor: Bach. Wendy Beatriz LOZANO SANTIAGO**

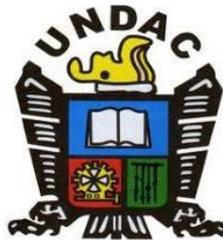
**Asesor: Ing. Miguel BASUALDO BERNUY**

**Cerro de Pasco – Perú – 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación de los parámetros físicos y químicos de los recursos  
hídricos en el Distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos  
ambientales de carbón Provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco -**

**2018**

**Sustentada y Aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Rosario M. VASQUEZ GARCIA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Luis A. PACHECO PEÑA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Lucio ROJAS VITOR**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres.

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora.

## **RECONOCIMIENTO**

Gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi universidad por permitirme convertirme en ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, y como recuerdo prueba viviente de esta historia, esta tesis que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar

Finalmente agradezco a quien lee esta tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurrir dentro de su repertorio de información mental

## RESUMEN

En algunos puntos las remediaciones concluidas de los depósitos de restos de carbón denominado remediación Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas) tienen lixiviados de aguas ácidas, que éstas a su vez llegan a parar al riachuelo de Azalía y riachuelo Chontas afectando su calidad, en el cual se desconoce la calidad de agua de estos recursos hídricos.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los parámetros físicos y químicos de la calidad de recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón.

La metodología empleada en la presente investigación se realizó a través del **Trabajo de Gabinete**, para el cual la recolección de información y descripción de la remediación de Azalia y Chontas y sus recursos hídricos aledaños se encuentra en el punto 3.7.1, asimismo, el **Trabajo de campo**, las actividades consistieron en el monitoreo y evaluación de agua de los recursos hídricos aledaños a la remediación de Azalia y Chontas, debido que estos puntos son afectados por la lixiviación de la remediación de Azalia y Chontas.

De los resultados de la investigación se tiene: que en el punto de monitoreo P-2 la conductividad eléctrica cumple con los estándares de calidad ambiental, clasificándose, como categoría 2. En el punto (P-1) riachuelo Azalia, la conductividad Eléctrica es de 1063 Us/cm, en el cual se menciona que su elevada conductividad eléctrica se debe principalmente a los lixiviados de la remediación Azalia.

Con respecto a los Sólidos Disueltos Totales no se cumple con los estándares de calidad ambiental para categoría 4 debido que en el punto de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) los Sólidos Disueltos Totales es de 760 mg/lit y en el punto de monitoreo riachuelo Chontas (P-2) los Sólidos Disueltos Totales es de 228 mg/lit, en ambos puntos se supera

los estándares de calidad ambiental. Para el caso de los metales totales en ambos puntos de monitoreo la calidad de agua se ve alterado por los lixiviados y vertimientos, donde se observa alta presencia de metales totales como en el aluminio, cobre, plomo, manganeso, zinc y hierro, este último se debe a que el carbón está asociado el sulfuro de hierro. Por lo tanto, se puede mencionar que estas remediaciones no están bien impermeabilizadas afectando la calidad del agua.

**Palabra clave:** Remediaciones, lixiviados de aguas ácidas, Estándares de Calidad Ambiental, pasivos ambientales de carbón

## ABSTRACT

At some points the completed remediations of the deposits of coal remains called Azalia remediation (Desmontera Azalia) and Chontas remedy (Desmontera Chontas) have leachates of acidic waters, which in turn reach the stream of Azalía and Chontas stream affecting their quality, in which the water quality of these water resources is unknown.

The purpose of this research is to evaluate the physical and chemical parameters of the quality of water resources in the Goyllarisquizga district influenced by the environmental liabilities of coal.

The methodology used in this research was carried out through the Cabinet Work, for which the collection of information and description of the remediation of Azalia and Chontas and its surrounding water resources is found in section 3.7.1, also, the Work of in the field, the activities consisted of water monitoring and evaluation of water resources adjacent to the remediation of Azalia and Chontas, because these points are affected by the leaching of the remediation of Azalia and Chontas.

From the results of the investigation we have: that in the P-2 monitoring point the electrical conductivity meets the environmental quality standards, being classified as category 3. In the point (P-1) Azalía stream, the Electrical Conductivity is 1063 uS / cm, in which it is mentioned that its high electrical conductivity is mainly due to the leachates of Azalía remediation. With respect to Total Dissolved Solids, the environmental quality standards for category 4 are not met because at the Azalía creek monitoring point (P-1) the Total Dissolved Solids is 760 mg / l and at the creek monitoring point Chontas (P-2) Total Dissolved Solids is 228 mg / l, at both points the environmental quality standards are exceeded. In the case of total metals at both monitoring points, water quality is altered by leachates and discharges, where there is a high presence of total metals such as aluminum, copper, lead, manganese, zinc and iron, the latter It is because coal is

associated with iron sulfide. Therefore, it can be mentioned that these remediations are not well waterproofed, affecting water quality.

**Keywords:** Remediation, Acid water leachates, Environmental Quality Standards, Carbon environmental liabilities

## INTRODUCCIÓN

En algunos puntos de remediación se tienen lixiviados de aguas ácidas, que éstas a su vez llegan a parar al riachuelo de Azalia y riachuelo Chontas afectando su calidad, lo cual se desconoce la calidad de agua de estos recursos hídricos, es por ello la necesidad de conocer su calidad.

La investigación tiene como referencia el antecedente relacionado a lo realizado por Amelia Corzo Remigio (2015). Impacto de los Pasivos Ambientales Mineros en el Recurso Hídrico de la Microcuenca Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. El objetivo de la presente investigación es determinar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac. A partir del análisis microscópico se demostró la existencia de minerales sulfurados en los relaves de Millotingo, ubicados en la cuenca alta del río Aruri; asimismo, por medio del análisis químico utilizando espectroscopia atómica y fluorescencia de rayos X, se demostró la gran cantidad de hierro (pirita) en los relaves. La pirita es el principal productor de drenaje ácido cuando este sulfuro está expuesto al aire y agua.

Por ello, estos relaves producen aguas ácidas que liberan los metales y metaloides a las aguas del río Aruri en la parte alta, ya que los relaves se encuentran en el cauce de este cuerpo de agua. Por medio de la evaluación de calidad de agua tanto del río Rímac como del río Aruri, se comprobó que el río Aruri aporta con algunos elementos tóxicos al río Rímac. Del muestreo exploratorio realizado los metales como el Cd, Fe, Mn y Zn se encuentran en mayor cantidad cerca a los relaves y disminuyen aguas abajo.

**La Autora.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	4
1.3. Formulación del problema de investigación.....	4
1.3.1. Problema Principal:.....	4
1.3.2. Problemas Específicos: .....	4
1.4. Formulación de objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo General: .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	5
1.5. Justificación de la investigación.....	5
1.6. Limitaciones de la investigación .....	6

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	8
2.2. Bases teóricas - científicas.....	12
2.3. Definición de términos básicos: .....	24
2.4. Formulación de hipótesis.....	26
2.4.1. Hipótesis General .....	26
2.4.2. Hipótesis Específicos .....	26
2.5. Identificación de las variables .....	26
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	27

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación .....	28
3.2. Métodos de investigación.....	28
3.3. Diseño de investigación.....	29

3.4. Población y muestra .....	29
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30
3.7. Tratamiento estadístico.....	30
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	30
3.9. Orientación ética.....	30

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	32
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	47
4.3. Prueba de hipótesis .....	56
4.4. Discusión de resultados .....	56

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla N° 01: Efectos asociados a los PAMs.....</b>	<b>2</b>
<b>Tabla N° 02: Operacionalidad de variables e indicadores.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla N° 03: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla N° 04: Resultado de los Parámetros Físicos.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N° 05: Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla N° 06: Resultado del Parámetro Metales Totales.....</b>	<b>52</b>

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 01: Resultado del Parámetro (pH)</b> .....	48
<b>Gráfico N° 02: Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica (CE)</b> .....	49
<b>Gráfico N° 03: Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales</b> .....	50
<b>Gráfico N° 04: Presencia de Aluminio</b> .....	53
<b>Gráfico N° 05: Presencia de Cobre</b> .....	53
<b>Gráfico N° 06: Presencia de Hierro</b> .....	53
<b>Gráfico N° 07: Presencia de Plomo</b> .....	54
<b>Gráfico N° 08: Presencia de Manganeso</b> .....	54
<b>Gráfico N° 09: Presencia de Zinc en el Río San Juan</b> .....	54

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen N° 01: Vista de la remediación de Azalía parte alta .....</b>	<b>38</b>
<b>Imagen N° 02: Vista de la remediación de Azalía parte baja .....</b>	<b>38</b>
<b>Imagen N° 03: Vista de la remediación de Chontas parte alta .....</b>	<b>39</b>
<b>Imagen N° 04: Vista de la remediación de Chontas parte baja .....</b>	<b>39</b>
<b>Imagen N° 05: Presencia de Lixiviados en la remediación de Chontas .....</b>	<b>40</b>
<b>Imagen N° 06: Presencia de Lixiviados y Vertimiento de agua desde la remediación de Chontas .....</b>	<b>40</b>
<b>Imagen N° 07: Ubicación de los puntos de monitoreo utilizando el GPS .....</b>	<b>43</b>
<b>Imagen N° 08: Preparación del Material de Monitoreo .....</b>	<b>44</b>
<b>Imagen N° 09: Monitoreo de Agua en el punto P-1 – Remediación Azalía .....</b>	<b>45</b>
<b>Imagen N° 10: Monitoreo de Agua en el punto P-2 – Remediación Chontas .....</b>	<b>45</b>
<b>Imagen N° 11: Preservado de Muestra en los Puntos de Monitoreo .....</b>	<b>45</b>
<b>Imagen N° 12: Preservado de Muestra en los Puntos de Monitoreo .....</b>	<b>46</b>
<b>Imagen N° 13: Monitoreo de Parámetros Físicos – Punto de Monitoreo P-1 .....</b>	<b>46</b>
<b>Imagen N° 14: Monitoreo de Parámetros Físicos – Punto de Monitoreo P-2 .....</b>	<b>46</b>
<b>Imagen N° 15: Muestras Para ser Transportado Para su Análisis .....</b>	<b>47</b>

## INDICE DE MAPAS

<b>Mapa N° 01: Ubicación de zona en estudio de Goyllarisquizga.....</b>	<b>33</b>
<b>Mapa N° 02: Ubicación de la zona de estudio en Goyllarisquizga .....</b>	<b>34</b>
<b>Mapa N° 03: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN LAS REMEDIACIONES DE GOYLLARISQUIZGA .....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 01: ECA Para Ríos Categoría 3 .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura N° 02: Metodología de proyectos de remediación ambiental.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura N° 03: Metodología de proyectos de remediación ambiental.....</b>	<b>24</b>

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Un pasivo ambiental minero (PAM) constituye un potencial de riesgo de contaminación ambiental, y también, un riesgo para la salud humana, animal y la pérdida de bienes y servicios ambientales. Existen PAMs que contaminan fuentes de agua superficial, subterránea, suelos y el aire de sus alrededores, y otros que han causado daños ambientales, pero el estado aún no cuenta con adecuados mecanismos y estrategias para su atención. Cabe mencionar que la Ley General del Ambiente define daño ambiental como “todo menoscabo material que sufre el ambiente y/o alguno de sus componentes, que puede ser causado contraviniendo o no disposición jurídica, y que genera efectos negativos actuales o potenciales” (Artículo 142.2).

Para los daños ambientales generados por los PAMs no existe un marco legal de indemnización o reparación. Lo que se viene desarrollando son instrumentos de prevención, remediación y compensación. Un determinado PAM causa diferentes efectos negativos. En la Tabla N° 01 se puede apreciar los efectos más comunes asociados a los PAMs.

**Tabla N° 01: Efectos asociados a los PAMs**

Tipo de pasivo	Inestabilidad física	Drenaje ácido	Infiltración	Emisión de polvo	Sedimentos (en agua y suelos)	Riesgo de accidentes
Depósitos de relaves	X	X	X	X	X	
Botaderos de desmonte	X	X	X	X	X	
Botaderos de lixiviación	X	X	X	X	X	
Labores abandonadas	X	X	X			X
Edificaciones e instalaciones				X	X	X

**Fuente: Red Muqui-** Los pasivos ambientales mineros: diagnóstico y propuestas-2015

La explotación del carbón en Goyllarisquizga se realizó en la bocamina Azalia, bocamina del túnel Pucará, la bocamina Azalia pertenece a la mina Goyllarisquizga en la que se explotó un manto de carbón, inicialmente por métodos de minería subterránea, y luego mediante un tajo abierto. El método de minado utilizado fue de cámaras y pilares, prosiguiéndose luego con un minado Longwall, hasta el año 1971.

A partir de 1971 la explotación se realizó a través de un tajo abierto hasta el año 1993. La explotación subterránea se inició en 1907 por la empresa Cerro de Pasco Corporation, el cual se explotó la mina por un periodo de 64 años. En el año de 1979, la empresa Centromin Perú S.A. tomó el control de las operaciones, hasta 1993, año en que las actividades de extracción fueron detenidas por agotamiento de sus reservas económicas. Los únicos puntos por los que existía drenaje permanente de agua de mina hacia la superficie eran tres de las bocaminas existentes en la zona de Azalia y la bocamina del túnel Pucará, ubicado unos 320 m por debajo de la cota donde se ubican las bocaminas de Azalia. Las bocaminas Azalía son pequeñas labores, ubicadas muy cerca una de otra, por las cuales

drenaba un pequeño caudal de agua (5 a 19 lt/s en total) de elevada acidez y alto contenido de aluminio, hierro, plomo, zinc.

El túnel Pucará tiene aproximadamente 2 km de longitud, y está ubicado a 200 m por debajo del manto de carbón, el túnel fue de extracción y de drenaje, el cual colectaba todas las aguas generadas de la mina Goyllarisquizga. Por la boca del túnel drenaban en la superficie entre 50 y 40 lt/s de agua casi neutra, pero con un alto contenido de aluminio, hierro y sólidos suspendidos. Tanto las bocaminas de Azalia, como el túnel Pucará, vertían sus aguas a quebradas afluentes del río Ushugoya. La calidad del agua de este río fue impactada por las descargas desde Azalia y Pucará, lo que tuvo un efecto negativo sobre el ecosistema acuático del mencionado río. Asimismo, en las zonas aledañas a las bocaminas Azalia y al túnel Pucará se dispuso una cantidad significativa de roca de desmonte y residuos de carbón, los cuales expuestos a los efectos del intemperismo constituían un foco potencial de contaminación.

De igual forma en las remediaciones concluidas de los depósitos de restos de carbón denominado remediación Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas), en algunos puntos aún se tienen lixiviados de aguas acidas, que estas a su vez llegan a parar al riachuelo de Azalia y riachuelo Chontas afectando su calidad, donde se desconoce la calidad de estos recursos hídricos, es por ello el motivo de la investigación, conocer si estos pasivos ambientales ya remediados están generando algún lixiviado, lo cual estarían afectando la calidad de sus aguas.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La delimitación de la investigación a la población del distrito de Goyllarisquizga, cuenta con una población aproximadamente de 1535 habitantes, una densidad de 66.25 hab/km<sup>2</sup>. Así mismo tiene una superficie total de 23.17km<sup>2</sup> <sup>1</sup>.

## **1.3. Formulación del problema de investigación**

### **1.3.1. Problema Principal:**

¿Cuáles son los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón?

### **1.3.2. Problemas Específicos:**

1.3.2.1. ¿Cuáles son los parámetros físicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón?

1.3.2.2. ¿Cuáles son los parámetros químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón?

1.3.2.3. ¿Cuáles son los pasivos ambientales que afectan los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga?

---

1 de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el Censo realizado el 2017 en el distrito de Goyllarisquizga distrito de la Provincia Daniel Alcides Carrión comprende una población de 1535hab/km<sup>2</sup>.

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General:**

Evaluar los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón.

### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

1.4.2.1. Determinar los parámetros físicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón.

1.4.2.2. Determinar los parámetros químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón.

1.4.2.3 Identificar los pasivos ambientales que afectan los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga.

## **1.5. Justificación de la investigación**

La presente investigación demostrará que las remediaciones denominadas: remediación Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas) están en buenas condiciones lo cual son fuente de alteración de los recursos hídricos, la presente investigación justifica a fin de demostrar si estas remediaciones están afectando los recursos hídricos que pasan por esta zona.

### **1.5.1. Justificación teórica**

Por medio de la presente investigación buscamos generar conocimiento si las remediaciones de Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas) están o no en buenas condiciones de remediación

### **1.5.2. Justificación Práctica**

La metodología usada para determinar que las remediaciones, denominado remediación Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas) están en buenas condiciones se hizo el monitoreo y análisis de agua, fuente donde descarga sus efluentes provenientes de la lixiviación.

### **1.5.3. Justificación Legal**

La presente investigación justifica que las remediaciones denominado, remediación Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas), están cumpliendo con los lineamientos de la Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera establecido en el Artículo 5ª de la Ley Nª 28271

### **1.5.4. Justificación Metodológica**

La metodología usada es aplicando trabajos de monitoreo y análisis de muestra por un laboratorio acreditado a fin de brindarnos información verídica.

### **1.5.5 Justificación Ambiental**

La presente investigación está justificada ya que el trabajo es estudiar la afectación a los factores ambientales principalmente al recurso hídrico causados por los pasivos ambientales.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La importancia de la presente investigación es vital a fin de tomar medidas de mitigación y preservación de los recursos hídricos ubicadas en el distrito de Goyllarisquizga.

El alcance de la investigación está enmarcado a brindar información de la calidad física y química de los recursos hídricos influenciado por las remediaciones de pasivos ambientales ubicadas en el distrito de Goyllarisquizga.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Wenceslao Julio, Ledesma Velita (2018) Tesis: Propuesta de tratamiento del depósito de relaves de Quiulacocha-Pasco para su remediación ambiental, basada en experiencias exitosas en empresas mineras. Pasco-Perú.**

Esta investigación, busca determinar en qué medida favorece la propuesta de tratamiento del depósito de relaves de Quiulacocha Pasco para su remediación ambiental, basada en experiencias exitosas en empresas mineras. Para ello, según la metodología de la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo – explicativo, y de método científico; el diseño de la investigación fue el no – experimental, y la población estuvo conformada por el depósito de relaves Quiulacocha. La muestra de la investigación estuvo conformada por los elementos físicos involucrados en el depósito de relaves de Quiulacocha Pasco. El muestreo se realizó por la

técnica no probabilística, por conveniencia. La propuesta de tratamiento del depósito de relaves tiene dos partes: La primera etapa, actualmente con relaves secos de 79.38 Ha será remediado con encapsulamiento de geomembranas y cobertura de tierra orgánica para revegetar con plantas nativas. Para esta etapa se procederá a realizar la cobertura y revegetación. La segunda etapa será realizada una vez que el estanque de aguas ácidas se haya secado. Esto será posterior al cierre definitivo del depósito de desmontes y luego del encapsulamiento del depósito de relaves de Quiulacocha (primera etapa). Esta propuesta tendrá efectos positivos en la población y en la recuperación de los recursos naturales como es el suelo y agua.

**2.1.2 Amelia Corzo Remigio (2015) Tesis: Impacto de los Pasivos Ambientales Mineros en el Recurso Hídrico de la Microcuenca**

**Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima.**

El objetivo de la presente investigación es determinar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac. A partir del análisis microscópico se demostró la existencia de minerales sulfurados en los relaves de Millotingo, ubicados en la cuenca alta del río Aruri; asimismo, por medio del análisis químico por espectroscopia atómica y fluorescencia de rayos X, se demostró la gran cantidad de hierro (pirita) en los relaves. La pirita es el principal productor de drenaje ácido cuando este sulfuro está expuesto al aire y agua. Por ello, estos relaves pueden producir aguas ácidas que liberan los metales y metaloides a las aguas del río Aruri en la parte alta, ya que los relaves se encuentran en el cauce de este cuerpo de agua.

Por medio de la evaluación de calidad de agua tanto del río Rímac como del río Aruri, se comprobó que el río Aruri aporta con algunos elementos tóxicos al río Rímac. Del muestreo exploratorio realizado Cd, Fe, Mn y Zn se encuentran en mayor cantidad cerca a los relaves y disminuyen aguas abajo. Todas estas sustancias son vertidas al río Rímac. No obstante, Así mostró un comportamiento diferente y el río Aruri no contribuye con este elemento al río Rímac.

**2.1.3. Franklin Wilfredo Graza Evaristo y Ronal Quispe Pozo (2015). Tesis: Determinación de Pb, Cd, As en Aguas del Río Santa en el Pasivo Minero Ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay – Ancash. Perú.**

Durante el desarrollo de este trabajo se realizó la cuantificación de arsénico, cadmio y plomo en las aguas de un tramo del río Santa en el tramo adyacente al Pasivo Ambiental Minero de Recuay, Ticapampa, en la provincia de Recuay el cual forma parte del departamento de Ancash. Las muestras de agua, se tomaron en nueve (09) puntos consecutivos que están conformados además de tres (03) blancos (blanco viajero, blanco muestreo y blanco lago), analizándose la concentración de los metales en mención en cada punto por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica. La concentración de arsénico fue 0,0404 mg/L, del plomo 0,6402 mg/L y del cadmio 0,0396 mg/L; siendo todos ellos superiores a los Límites Máximos Permisibles establecidos por los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” del Ministerio del Ambiente. Según los resultados obtenidos. El estudio comprueba que parte de la contaminación del río Santa es provocada principalmente por la descarga residuos mineros que están ubicados a lo largo de todo su cauce (en el tramo de Ticapampa – Recuay), ya que usan el río

Santa como vía de eliminación de sus residuos. En lo que respecta en los análisis de los sedimentos, los valores de concentración de los metales pesados se encuentran en niveles de concentración que evidencian diferentes grados de toxicidad tomadas en base a los límites permisibles. Se comprueba que la contaminación por Pb, Cd, y Ar, tienen origen minero, siendo estos vertidos en las aguas del río siendo estas las principales fuentes de contaminación por metales pesados. Se determinó que el agua del río Santa, está contaminada y no es adecuada para el uso y consumo humano.

**2.1.4. Cristian Alexander Bareño Bohorquez (2018). Tesis: Evaluación de los Riesgos Generados por Pasivos Ambientales en la Minería de Carbón, Bogotá. Colombia.**

La minería del carbón es la tercera industria básica del país. Las mayores reservas geológicas medidas se localizan en la Costa Atlántica -Guajira, Cesar y Córdoba- y los carbones con propiedades aptas para usos metalúrgicos se encuentran en la parte central y oriental del país, concentrados principalmente en los Departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander y Valle del Cauca; su minería se caracteriza por ser poco tecnificada y de mantenimiento (Periódico SENA, 2013).

Con el análisis de la información tanto de encuestas como de las experiencias internacionales se determinarán las variables a las tener en cuenta para el análisis integral de los riesgos generados

por los pasivos ambientales mineros y así desarrollar una metodología para la evaluación mediante la ecología política y riesgos generados por los pasivos ambientales mineros, teniendo los siguientes resultados:

Los impactos Ambientales generados por la explotación del carbón a cielo abierto se deben a diferentes actividades que se realizan antes, durante y después de este proceso de explotación dependiendo de factores como la dimensión del proyecto, la tecnología utilizada y la gestión ambiental. Los principales impactos que se generan en estas áreas de explotación son: la pérdida de suelo, la activación de procesos erosivos, la contaminación de recursos edáficos, los cuales dejan un suelo inerte y un paisaje muerto, afectando la flora, la fauna y los demás recursos naturales asociados a este ecosistema. La emisión de material particulado, gases y ruido no solo afecta la biodiversidad de la zona sino también la salud de la población cercana, con enfermedades en el sistema respiratorio y nervioso (Usuga, 2013). Estos problemas socio ambientales persisten después del abandono de las minas, ya sea por el agotamiento del mineral o porque económicamente +no es viable continuar con su explotación, generando cierres inadecuados de las mismas que no son regulados de manera eficiente por las entidades competentes creando lo que se conoce como Pasivo Ambiental Minero (PAM).

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1.El Agua**

Es una sustancia abiótica, la más importante de la tierra y uno de los más principales constituyentes del medio en que vivimos y de la materia viva. El agua cubre aproximadamente el 75% de la superficie terrestre, la misma que se halla distribuida como: aguas oceánicas (97%), aguas superficiales (2,5%), aguas subterráneas (0,45%) y aguas en estado gaseoso (0,001%), estas aguas por medio del ciclo hidrológico están sujetas a cambios del tipo cíclico.

(Jimeno, 1998). En definitiva, el agua es el principal fundamento de la vida vegetal y animal, por tanto, es el medio ideal para la vida, es por eso que las diversas formas de vida prosperan allí donde hay agua. (Jimeno, 1998).

#### **2.2.1.1. Composición del Agua**

El agua es una sustancia que químicamente se formula como H<sub>2</sub>O, es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrogeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno. (Jimeno, 1998).

#### **PROPIEDADES FÍSICAS**

- ✓ Es un cuerpo líquido, incoloro, inodoro e insípido.
- ✓ En grandes cantidades toma una coloración azul-verdosa.
- ✓ Su densidad es igual a 1 g/cm<sup>3</sup> cuando se determina a 40°C y al nivel del mar.
- ✓ Su punto de solidificación es de 0°C (forma el hielo).
- ✓ Tiene gran poder disolvente por lo que se le llama "disolvente universal". (Jimeno, 1998).

#### **PROPIEDADES QUÍMICAS**

- ✓ Se combina con metales y no metales dando óxidos.
- ✓ Se combina con óxidos metálicos resultando bases.
- ✓ Se combina con óxidos no metálicos dando ácidos oxácidos.
- ✓ Se descompone por electrolisis de hidrogeno y oxígeno.
- ✓ Para descomponerse por otro procedimiento necesita temperaturas superiores a 27 ° C. (Jimeno, 1998).

### **2.2.2. Calidad del agua**

La disponibilidad del agua depende no solo de la cantidad, sino también de su calidad. Aunque haya agua, si está contaminada y se encuentra en una condición tal que no sea acorde con el uso que se le quiere dar, su empleo se limita. (Jiménez, 2001).

El agua pura no existe en la naturaleza. El agua de lluvia recoge impurezas mientras pasa a través del aire. Los Ríos y las quebradas recogen impurezas provenientes del suelo y de las descargas de aguas residuales domesticas industriales, transportándolas a los lagos, embalses y mares. Existe menos contaminación en las aguas superiores de un Río, donde la población es escasa, pero en ningún caso puede considerarse un agua superficial carente de contaminantes a pesar de que la purificación natural ocurre en todo el cuerpo de agua gracias a la sedimentación y muerte de las bacterias patógenas.

(Romero & J, 2005).

La calidad de agua de un Río cambia en el espacio y en el tiempo; los residuos en cada descarga, siendo necesario analizarla continuamente. El monitoreo es importante para detectar y controlar puntos de contaminación en aguas superficiales y subterráneas. (Hahn, y otros, 2006).

### **2.2.3. Contaminación**

La contaminación es un cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas, que puede afectar negativamente al hombre y a las especies animales y vegetales. (Adame, 1995). La contaminación es cualquier desviación de la pureza. Cuando se trata de contaminación

ambiental, el termino ha llegado a significar desviaciones a partir de un estado normal, en lugar de desviación a partir de uno puro. (Adame, 1995).

#### **2.2.4. Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica**

La cuenca hidrográfica es la unidad de análisis y planificación para darle el enfoque integrado al estudio del recurso hídrico superficial y subterráneo. Es el territorio o espacio de terreno limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que, en presencia de precipitación de lluvias, forma el escurrimiento de un Río para conducir sus aguas a un Río más grande o a otro Río principal, lago o mar. (Faustino, 1986).

En una cuenca hidrográfica se da el deterioro de los suelos, bosques y agua, daño a las aguas superficiales, los cuales se reflejan como una respuesta inmediata de la cuenca a las alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de Ríos. Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazar por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, son no renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna, 1997).

#### **2.2.5. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial**

La investigación se basará en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El protocolo es obligatorio para todas las entidades públicas

y privadas del territorio nacional que realicen actividades relacionadas con el recurso hídrico (usos, vertimientos y/o reúsos).

#### **2.2.6. Metodología de monitoreo**

Antes de iniciar las actividades de monitoreo es necesario conocer al cuerpo de agua donde se desarrollará el monitoreo y conocer aspectos importantes que definan la calidad del recurso hídrico. Esto ayudara a definir los parámetros a controlar, el número de puntos de monitoreo, la frecuencia de monitoreo y elaborar un plan de trabajo efectivo para el desarrollo del monitoreo, considerando el uso principal que tengan los recursos hídricos en estudio de acuerdo a la Resolución Jefatural N<sup>a</sup> 202-2010-ANA.

#### **2.2.7. Selección de parámetros**

La calidad de las aguas continentales presenta variaciones en función de los procesos morfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos a los que se haya expuesto. Así como, su entorno físico, tales como: las precipitaciones, escorrentías, material sólido transportado, el agua subterránea y la atmósfera en general. También las actividades antropogénicas pueden afectar considerablemente la calidad de los cuerpos de agua natural, a través de los vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, movimiento de tierras, erosión, uso de pesticidas y obras hidráulicas, etc. (Autoridad Nacional del Agua ANA, 2011).

##### **2.2.7.1. Parámetros Físicos**

###### **➤ Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH tiene un efecto sobre la biodisponibilidad de la mayoría de los metales pesados al afectar el equilibrio entre la especiación metálica, solubilidad, adsorción e intercambio de iones en el suelo. Al

aumentar el pH, los metales pesados son removidos de la solución del suelo y absorbidos por los coloides disminuyendo su biodisponibilidad por lo tanto la retención de los cationes metálicos se reduce al acidificarse el suelo o el agua. (Mancilla, 2012).

#### ➤ **Turbidez**

La turbidez es la medida de la opacidad del agua, comparada con ciertos estándares arbitrarios el agua es considerada turbia cuando contienen materia suspendida que interfiere en el paso de la luz a través del agua o en el cual se restringe la profundidad visual. (Verástegui, 2001).

#### ➤ **Temperatura**

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. (Grupo de Estudio Técnico Ambiental para Agua GESTA AGUA, 2002).

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

#### ➤ **Conductividad eléctrica (CE)**

Es una expresión numérica de habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se realiza la determinación.

Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se utiliza mucho en análisis de aguas para obtener un estimado rápido del contenido de sólidos disueltos.

#### ➤ **Sólidos disueltos totales (TDS)**

Los sólidos disueltos totales comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los TDS presentes en líquidos destinados a consumirse proceden de fuentes naturales, residuales, escorrentía urbana y residuales industriales. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2003).

#### **2.2.7.2. Parámetros Químicos**

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2006).

##### **2.2.7.2.1. Metales Totales**

Todos los iones metálicos en una muestra no filtrada (Al, B, Ca, Mg, Ag, Ni, K, Si, Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu Hg y As).

#### **2.2.7.2.2. Metales Disueltos**

Incluyen todos los iones metálicos cuyo tamaño de partícula sea menor de 0.45 µm (Al, B, Ca, Mg, Ag, Ni, K, Si, Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu Hg y As).

#### **2.2.8. Marco Legal para Actividades de Monitoreo de Agua**

El presente instrumento se sustenta en la normatividad vigente establecido para la gestión de los recursos hídricos del país.

- ✓ Ley N° 29338, “Ley de Recursos Hídricos” del 31 de marzo de 2009, faculta a la Autoridad máxima del Sistema Nacional de
- ✓ Gestión de los Recursos Hídricos velar por la protección del agua.
- ✓ Decreto Supremo N° 001-2010-AG del 24 de marzo de 2010, aprueba el Reglamento de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos”.
- ✓ Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010, aprueba la Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marinos.
- ✓ Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación DS-004-2017-MINAM (Categoría N° 03).
- ✓ Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.
- ✓ El ECA es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Para más detalle de la norma se presenta en los Figura N° 01.

Figura N° 01: ECA Para Ríos Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

### **2.2.9. ¿Pasivo Ambiental Minero (PAM)?**

Es una instalación, efluente, emisión, resto o depósito de residuos producidos por operaciones mineras abandonadas o inactivas que a la fecha de vigencia de la Ley constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

### **2.2.10. Remediación de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs)**

La remediación de Pasivos Ambientales Mineros es la ejecución de actividades contempladas en el Plan de Cierre que comprende: diseños de ingeniería requeridos para el desmantelamiento; demoliciones; estudios in-situ para la disposición final y/o el rescate de materiales; estabilización física, geoquímica e hidrológica; restablecimiento de la forma del terreno; revegetación; rehabilitación de hábitats acuáticos; rehabilitación de las áreas de préstamo; provisiones para brindar servicios esenciales a la comunidad; transferencia de propiedad; acceso a las tierras; entre otros.

### **2.2.11. Cierre de Pasivos Ambientales Mineros**

El Cierre de Pasivos Ambientales Mineros puede definirse como el conjunto de actividades a ser implementadas a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de identificación y aprobación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros.

El artículo 34° del Reglamento define los objetivos, el contenido y nivel del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros. El cierre de pasivos ambientales mineros incluye actividades que van desde la elaboración de la ficha técnica de identificación del pasivo, la realización de las

actividades de investigación durante las actividades de evaluación de la rehabilitación para determinar las mejores técnicas que formarán parte del plan de cierre de pasivos ambientales mineros, la ejecución de las actividades de cierre final y las actividades post cierre identificadas en el plan.

El cierre de pasivos ambientales mineros normalmente incluye el diseño e implementación de diferentes medidas como desmantelamiento, demolición, estabilización física y química e hidrológica, tratamiento de drenaje ácido de mina y lixiviación de metales, recuperación o rehabilitación de terrenos, revegetación y rehabilitación de hábitats acuáticos.

### 2.2.12. Metodología para remediación de los Pasivos Ambientales Mineros

#### (PAM)

La metodología que utiliza Activos Mineros S.A.C. en la ejecución de proyectos de remediación ambiental es la siguiente:

**Figura N° 02: Metodología de proyectos de remediación ambiental.**



Fuente: Activos mineros - Perú

**Figura N° 03: Metodología de proyectos de remediación ambiental.**



**Fuente: Activos mineros - Perú**

## **2.3. Definición de términos básicos:**

### **2.3.1. Daño Ambiental**

El daño ambiental es generado como consecuencia de las diversas actividades de los seres humanos, al tratar de satisfacer nuestras necesidades materiales y espirituales, no respetando la capacidad de autodepuración y de regeneración de la naturaleza, provocando impactos negativos que degradan el ambiente; el cual afecta a los seres humanos porque debemos vivir en condiciones que atentan contra nuestra salud y dignidad.

Al respecto, la Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente denomina daño ambiental a todo menoscabo material que sufre el ambiente y a sus componentes, contraviniendo o no la normatividad jurídica, generando efectos negativos actuales o potenciales.

### **2.3.2. Depósito de desmonte:**

Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a tajo abierto, que no contiene valores extraíbles y/o que

su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación.

### **2.3.3. Estación de muestreo:**

Es un lugar específico cerca de o en un cuerpo receptor agua, en la cual se recoge la muestra. Su ubicación es fundamental para el éxito del programa de muestreo.

### **2.3.4. Cuerpo Receptor:**

Es el recurso que recibe o al que se vierte directa o indirectamente los residuos de cualquier actividad humana. Es decir, son los lagos, ríos, acequias, pozos, suelos, aire, etc.

### **2.3.5. Estándar de Calidad:**

Son indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo.

### **2.3.6. Monitoreo:**

Se define por la International Organization for Standardization (ISO) como: "El procesamiento programado de análisis y posterior registro o alerta (o ambos) de varias características del agua, con el propósito de evaluar la observancia de objetivos especificados".

### **2.3.7. Metales Totales:**

Son todos los iones metálicos en una muestra no filtrada (Al, B, Ca, Mg, Ag, Ni, K, Si, Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu Hg y As).

### **2.3.8. Parámetros:**

Son aquellas características físicas, químicas y biológicas, de calidad del agua, que puede ser sometido a medición.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

2.4.2.1. Los parámetros físicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumple con la Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

2.4.2.2. Los parámetros químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

2.4.2.3. Los desmontes con restos de carbón son pasivos ambientales que afectan los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Pasivos ambientales de carbón.

### **2.5.2. Variable dependiente**

Los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos

### **2.5.3. Variable interviniente**

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua-

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Para la investigación se define como un proceso que se inicia con la definición de las variables de investigación en función de sus factores medibles a los que se les llama indicadores

*Tabla N° 02: Operacionalidad de variables e indicadores*

Variable	Definición Operacional	Indicadores
<p><b><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></b>            Los parámetros físicos y químicos del recurso hídrico</p> <p><b><u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u></b>            Pasivos ambientales de carbón</p>	<p>Proceso realizado metódica y técnicamente al agua, para determinar su estado y composición física y química</p>	<p>Concentraciones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales totales (arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, mercurio, plomo, potasio, sodio y zinc)</li> <li>• Conductividad eléctrica Y PH</li> </ul>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El desarrollo de la Investigación, es de tipo descriptivo porque se describen y analizan las características de los parámetros según la normativa peruana de Estándares de Calidad Ambiental de Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

#### **3.2. Métodos de investigación**

La investigación se realizó a través del siguiente procedimiento:

##### **3.4.1. Trabajo de Gabinete**

Recolección de información de la remediación de Azalia y Chontas y sus recursos hídricos aledaños, la descripción de la documentación de estas remediaciones se encuentra en el punto.

##### **3.4.2. Trabajo de campo**

Las actividades de campo consistieron en el monitoreo y evaluación de los recursos hídricos aledaños a la remediación de Azalia y Chontas, debido que estos puntos son afectados por la lixiviación de la remediación de Azalia y Chontas.

### 3.3. Diseño de investigación

No experimental, de corte transversal. El diseño que se empleó, fue de carácter no experimental, porque no se manipuló las variables y se observó situaciones ya existentes y transversal, porque la recolección de datos fue en una sola fecha de monitoreo y análisis.

### 3.4. Población y muestra

#### 3.4.1. Población y Muestra

##### **Población**

La población está determinada por los riachuelos de Azalia y Chonta en el distrito de Goyllarisquizga de la Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.

##### **Muestra**

Se tomaron dos puntos de monitoreo según la metodología del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Cuerpos Naturales de Agua Superficial - ANA en el riachuelo Azalia y Chontas (como mínimo, debe ubicarse un punto de monitoreo por zona de remediación).

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- ✓ **Técnicas:** Para la recolección de los datos se utilizaron:
- ✓ **Recolección de Datos:** Consiste en la recopilación de información de los recursos hídricos en las remediaciones de Azalia y Chontas
- ✓ **Observación:** Consiste en una técnica de visualización en campo de las zonas afectadas por los vertimientos de agua.
- ✓ **Monitoreo: observación y recolección** de muestras de campo para detectar los cambios afectados por el vertimiento de agua
- ✓ **Análisis:** Análisis de monitoreo por un laboratorio acreditado por INACAL
- ✓

### **3.5.1. Instrumentos**

- ✓ Multiparàmetro
- ✓ Laboratorio Acreditado
- ✓ Materiales de Campo

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La técnica utilizada fue el monitoreo de la calidad de agua de las remediaciones de Azalia y Chontas a través de la toma de muestras en diferentes puntos. El monitoreo se realizó con el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídrico de la Autoridad Nacional del Agua. Para la evaluación de muestras se realizó en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.G acreditado por INACAL donde se obtuvo resultados de metales totales y solidos disueltos totales.

### **3.7. Tratamiento estadístico**

En esta etapa se interpretó la base de información preliminar de campo obtenido en los resultados en el cual se hizo la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

### **3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Los instrumentos fueron validados por el laboratorio certificado por INACAL Servicios Analíticos Generales S.A.C. la opinión de los expertos tiene validez, en su contenido, criterio y construcción, dando un promedio de valoración aceptable, en coherencia con los indicadores y confiabilidad.

### **3.9. Orientación ética**

En la actualidad no se conoce si existe alteración a la calidad de agua por la actividad de explotación de carbón en el distrito de Goyllarisquizga y teniendo en cuenta que el tema ambiental ha constituido en estos últimos años una variable que permite incorporar los principios del desarrollo sostenible.

La evaluación es importante con el fin de diseñar estrategias que mitiguen y compensen estos impactos generados al realizar la presente investigación, lo análisis de campo se realizan tomando en cuenta los procedimientos establecidos para la toma de muestra confiable y analizar los resultados para proponer soluciones a los problemas ambientales que posiblemente viene alternado el ecosistema

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

##### 4.1.1. Localización de la zona de estudio

La zona de Investigación está ubicada en el distrito de Goyllarisquizga, provincia Daniel Alcides Carrión y región Pasco, **para llegar a la zona de investigación es por vía terrestre. Se accede por la carretera vía asfaltada desde la ciudad de Cerro de Pasco, saliendo por el centro poblado de Paragsha, población de Mariátegui, posterior en un tramo de 19 Km tramo a Yanahuanca, posterior vía afirmada (Trocha) desde el cruce hacia la vía a Tusi, en un tramo de 18 Km se llega a Goyllarisquizga., llegando en un tiempo de 1 Hora. Para mejor ubicación se presenta los mapas que representan la zona de investigación, en el Mapa N° 01, se indica la zona de investigación y en el Mapa N° 02, se ubica los depósitos de remediación de Azalia y Chontas en Goyllarisquizga.**

Mapa N° 01: Ubicación de zona en estudio de Goyllarisquizga



*Mapa N° 02: Ubicación de la zona de estudio en Goyllarisquizga*



Fuente: Google Earth

#### **4.1.2 Descripción de la zona de investigación (remediación de Azalía y Goyllarisquizga)**

La zona pertenece a la antigua explotación de la mina de carbón Goyllarisquizga, ubicada a 352 kilómetros de Lima y a 37 kilómetros de la ciudad de Cerro de Pasco a una altura de 4200 msnm. La temperatura y precipitación pluvial son similares a las de Cerro de Pasco, accediendo al área por carretera afirmada. La temperatura mínima es de -5 °C y la máxima 20 °C con un significativo gradiente térmico diario. En las zonas de mayor altura, durante los meses de mayo a setiembre son frecuentes las heladas mientras que de octubre a abril se presentan lluvias y nevadas de variada intensidad. La precipitación pluvial promedio mensual es de 217 mm.

##### **4.1.2.1 Antecedentes de la zona de Investigación**

La Unidad de Producción Goyllarisquizga es un yacimiento de Carbón que fue trabajado por la Cerro de Pasco Corporation, la Empresa Explotadora Vinchos y Centromin Perú, utilizando el método de Cámaras y Pilares (hasta el año 1930) minado Longwall (hasta 1971) y el método de cielo abierto hasta el año 1993, año en que se paralizaron las operaciones. El Túnel Pucará es una galería por donde se extrajo carbón durante la época de explotación minera y sirve de drenaje de las operaciones subterráneas de la mina. Las Bocaminas Azalia son 15, poco profundas que no tienen conexión con las labores subterráneas, la mayor parte corresponden a labores de cateo o extracción manual. La empresa SRK (Perú) elaboro la ingeniería de detalle para las Obras de Cierre de los Túneles Pucará

y Bocaminas Azalia de la Mina Goyllarisquizga, proyecto que fue ejecutado el año 2003 por la Empresa Contratista TRACCIMS TEBAMA S.A. El Contrato respectivo con dicho Contratista fue resuelto por incumplimiento, lo que fue motivo de demanda arbitral. Al resolverse el mencionado Contrato, quedaron, por un lado, obras inconclusas, como el tratamiento del drenaje de las Bocaminas Azalia, Cobertura de Depósitos de Carbón en la zona Pucará, Canal de Derivación para Aguas de la Quebrada Pucará, por otro lado, obras cuya evaluación de su performance también quedó pendiente como el Taponamiento del Túnel Pucará. Los principales trabajos ejecutados por el mencionado contratista fueron:

**Zona de Azalia:**

- ✓ Cierre de 11 bocaminas pequeñas y construcción de sistema de captación de drenajes.
- ✓ Ejecución de 2 perforaciones diamantinas de 6” sub-horizontales para introducir los drenajes de las bocaminas hacia las labores subterráneas.
- ✓ Limpieza de las Quebradas Norte y Sur de Azalia.
- ✓ Estabilización y cobertura de 5 botaderos de desmontes de mina.
- ✓ Estabilización y cobertura depósitos de Desmontes, en 9 sectores ubicados entre el Tajo y la Zona de Azalia.
- ✓ Manejo de Aguas Zona Tajo, construcción de cunetas
- ✓ trapezoidales de concreto para colección y derivación de aguas de esorrentía.

- ✓ Manejo de Aguas Zona Desmontes, construcción de cunetas para aguas de escorrentía.
- ✓ Encauzamiento Quebrada Noroeste, obras para protección contra la erosión.
- ✓ Encauzamiento Quebrada Azalia, obras de protección contra la erosión.

#### **Zona de Chontas:**

- ✓ Estabilización y cobertura depósitos de Desmontes de la Zona de Chontas
- ✓ Manejo de Aguas Zona Desmontes, construcción de cunetas para aguas de escorrentía.
- ✓ Cierre Pique Chontas, relleno de la parte más honda del pique con material rocoso con tamaño de 0.5 a 1.0 m de diámetro, hasta el nivel 4092.6.
- ✓ Cerco de Protección.

#### **4.1.3. Descripción de la Remediación de Azalía y Goyllarisquizga**

En las visitas de campo que se realizó se pudo evidenciar dos remediaciones en quebradas distintas para ello en el Mapa N° 02 se puede visualizar estas dos remediaciones que a continuación describimos como están conformadas según las visitas realizadas en el mes de noviembre y diciembre del 2018.

#### **4.1.4 Remediación de Azalía**

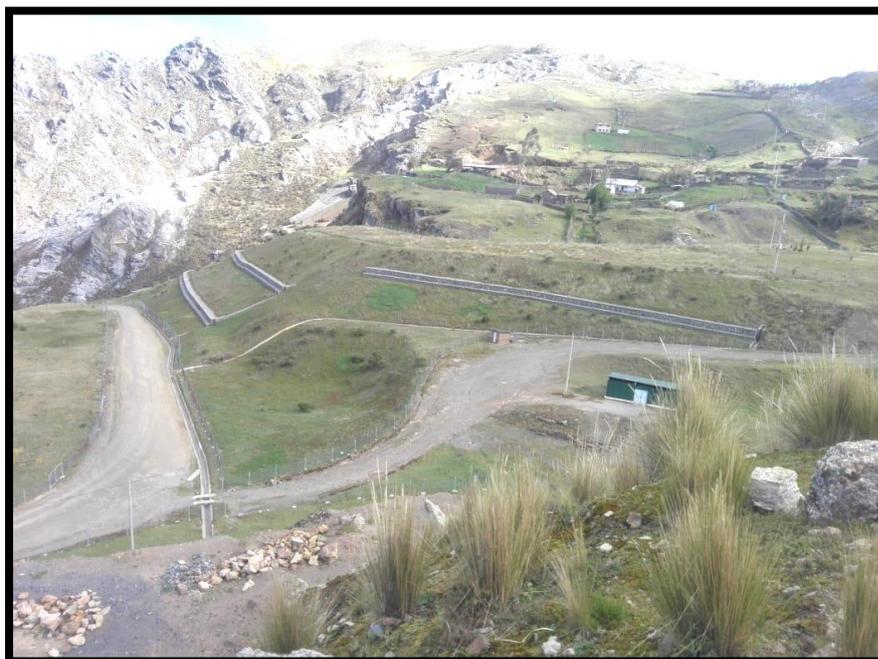
La remediación de Azalia tiene un área de 35.4 Hectáreas, esta remediación conforma gaviones de una altura de 1.50 metros y están separados cada 10 metros haciendo una estructura tipo andenes. Asimismo, esta remediación tiene una cobertura de geomembrana interna.

Posterior a este material le sigue material orgánico como tierra y guano de corral, y sobre ella especies naturales de la zona tales como ichu, pasto ray gras y trébol, para más detalle se puede visualizar la imagen N° 01 y 02 de la presente investigación.

***Imagen N° 01: Vista de la remediación de Azalía parte alta***



***Imagen N° 02: Vista de la remediación de Azalía parte baja***



#### 4.1.5. Remediación de Chontas

La remediación de Chontas tiene un área de 1.30 Hectáreas, la estructura conformada es muy similar a la remediación de Azalia tal como describimos, la remediación está contenida con gaviones de altura de 1.50 metros y están separados cada 10 metros haciendo una estructura tipo andenes. Asimismo, esta remediación tiene una cobertura de geomembrana interna, posterior tiene material orgánico como tierra y guano de corral y sobre ella especies naturales de la zona tal como ichu, pasto ray gras y trébol, para más detalle se puede visualizar la imagen N° 03 y 04 de la presente investigación.

*Imagen N° 03: Vista de la remediación de Chontas parte alta*



*Imagen N° 04: Vista de la remediación de Chontas parte baja*



De las cuales ambas remediaciones de Azalia y Chontas tienen a su contorno que pasa los riachuelos de Azalía y Chontas, que éstas a su vez revisando en campo se pudo identificar la presencia de filtraciones de lixiviados de ambas remediaciones que altera la calidad de sus aguas. Estas filtraciones y vertimientos de las remediaciones se pueden observar en las imágenes N° 05 y 06 de la presente investigación.

***Imagen N° 05: Presencia de Lixiviados en la remediación de Chontas***



***Imagen N° 06: Presencia de Lixiviados y Vertimiento de agua desde la remediación de Chontas***



#### 4.1.6. Ubicación de los puntos de monitoreo

A fin de evaluar los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón o su posible impacto ambiental a la calidad de los recursos hídricos; estos pasivos se encuentran rehabilitados para la evaluación en los puntos de monitoreo de agua en los riachuelos Azalía y Chontas, donde se evaluara los parámetros físico-químico de dos puntos, el primer punto se ubica después de la zona de lixiviación de la remediación de Azalía y el segundo punto después de la zona de lixiviación y vertimientos de aguas desde la remediación de Chontas.

Estos dos puntos de monitoreo se ubican geográficamente, como se puede observar en la Tabla N° 02. Por otro lado, estos puntos de monitoreo se pueden observar en el Mapa N° 03.

De igual forma para tener evidencia la ubicación de la información geográfica se puede observar en la imagen N° 07 de la presente investigación.

***Tabla N° 03: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo***

Código	Descripción	Coordenadas UTM	Altura (msnm)
P-1	RIACHUELO AZALÍA	E 345055 N 8842035	4190
P-2	RIACHUELO CHONTAS	E 356707 N 8811701	4210

*Mapa N° 03: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN LAS REMEDIACIONES DE GOYLLARISQUIZGA*



Fuente: Goole Ea

### **Imagen N° 07: Ubicación de los puntos de monitoreo utilizando el GPS**



#### **4.1.7. Procedimiento de monitoreo de agua**

Para el monitoreo de los puntos ubicados en los riachuelos Azalía y Chontas en el distrito de Goyllarisquiza se utilizó el protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Autoridad Nacional del Agua – DGCRH, por ello se realizó en los siguientes trabajos, en pre campo y campo.

##### **4.1.7.1. Trabajo de pre Campo**

- ✓ El trabajo de campo se inició con la preparación del material necesarios para la toma de muestra como materiales de laboratorio, multiparámetro, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), y GPS, tal como se puede ver en la imagen N° 08.

***Imagen N° 08: Preparación del Material de Monitoreo***



#### **4.1.7.2. Trabajo de Campo**

El monitoreo en el distrito de Goyllarisquizga comenzó a partir de la 9:00 am, el día martes 11 de diciembre del 2018, en el cual se prosiguió con el siguiente procedimiento:

- ✓ En los puntos de monitoreo identificados se recolectaron las muestras como indica la norma con envases de plástico, para el caso de parámetros químicos tal como se puede observar en las imágenes N° 09 y 10 en los puntos de monitoreo de Azalía y Chontas.
- ✓ Las muestras posteriores a su recolección fueron preservados y rotulados tal como se puede observar en las imágenes N° 11 y 12.
- ✓ En los mismos puntos de monitoreo se tomaron las lecturas de los parámetros de campo (pH, C.E) para el cual se utilizó el equipo multiparámetro. las mediciones de estos parámetros se realizaron con la toma de muestra en un vaso de precipitación, tal como se puede observar en la imagen N° 13 y 14.

- ✓ Al finalizar el monitoreo las muestras fueron trasladadas y embaladas para el respectivo traslado al laboratorio, como se observa en la imagen N° 15

***Imagen N° 09: Monitoreo de Agua en el punto P-1 – Remediación Azalía***



***Imagen N° 10: Monitoreo de Agua en el punto P-2 – Remediación Chontas***



***Imagen N° 11: Preservado de Muestra en los Puntos de Monitoreo***



*Imagen N° 12: Preservado de Muestra en los Puntos de Monitoreo*



*Imagen N° 13: Monitoreo de Parámetros Físicos – Punto de Monitoreo P-1*



*Imagen N° 14: Monitoreo de Parámetros Físicos – Punto de Monitoreo P-2*



***Imagen N° 15: Muestras Para ser Transportado Para su Análisis***



#### **4.1.8. Análisis de muestras en laboratorio acreditado**

##### **4.1.8.1. Análisis de Parámetros Químicos**

La determinación de resultados de los Parámetros Químicos fue realizada por un laboratorio acreditado por INACAL, para este caso se envió las muestras al laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC, el 11 de diciembre del 2018.

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

El laboratorio Servicios Analíticos Generales contratado por nuestra investigación nos reportó resultados de los metales totales y sólidos disueltos totales con informe N° 127070-2018, este análisis se realizó el 11 de diciembre del 2018, el informe 127070-2018 se adjunta en el Anexo N° 2 de la presente investigación, los resultados del laboratorio se pueden observar en las tablas N° 3, 4, 5 y 6.

##### **4.2.1. Resultados Estadístico de los Parámetros Físicos**

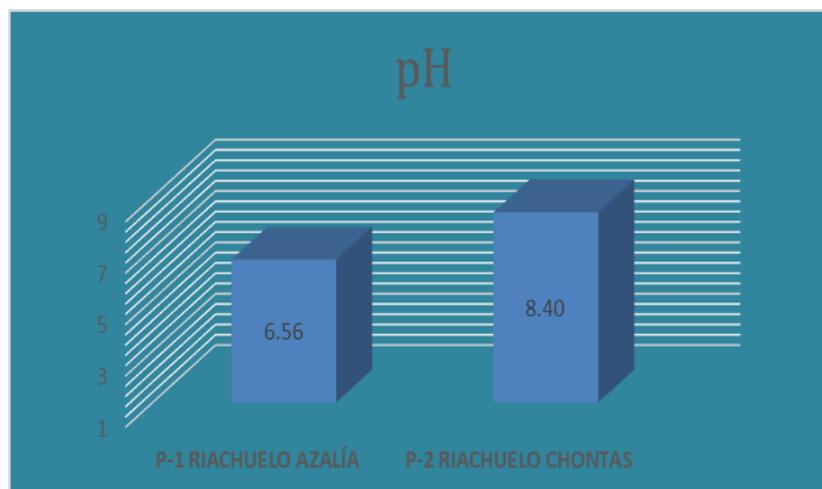
Los resultados del monitoreo de los parámetros de pH y Conductividad eléctrica realizados en campo tal como se mencionó anteriormente, tiene los siguientes resultados:

**Tabla N° 04: Resultado de los Parámetros Físicos**

Parámetros	Unidad	'ECA 3 " Permitido	P-1 RIACHUELO AZALÍA	P-2 RIACHUELO CHONTAS
Ph	-----	6.5 - 8.5	6.56	8.40
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1000	1063	313

**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 01: Resultado del Parámetro (pH)**

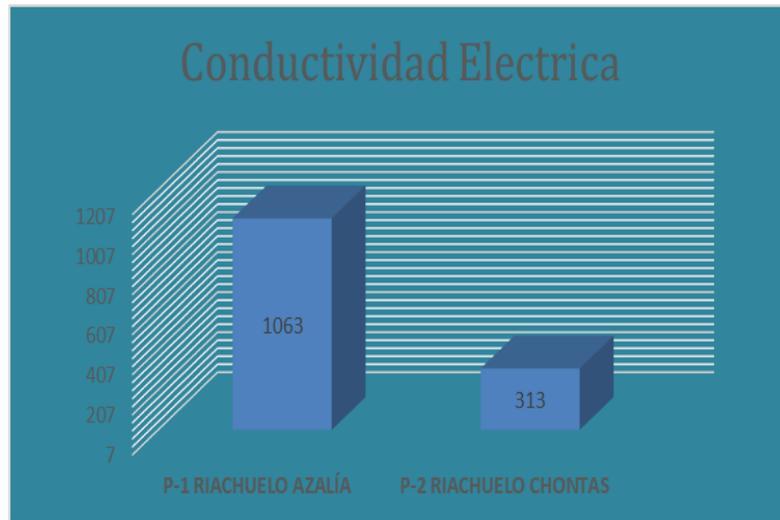


**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

### **Análisis e Interpretación del parámetro pH**

Teniendo los estándares de calidad ambiental para categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), tiene como estándar la potencia de hidrogeno (pH) de 6,5 – 8,5, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) cumple con los estándares de calidad ambiental para categoría 3, ya que en el punto de monitoreo P-1 el pH es de 6.56 y en el punto de monitoreo P-2 el pH es de 8.40.

**Gráfico N° 02: Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica (CE)**



**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

### **Análisis e Interpretación de la Conductividad Eléctrica**

Teniendo los estándares de calidad ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), la conductividad eléctrica es de 2500 uS/cm (Riego de vegetales) y 5000 uS/cm (Bebida de Animales), por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2), solo cumple con estándares de calidad ambiental para Categoría 3 el punto de monitoreo P-2, ya que en el punto de riachuelo Azalía (P-1) la Conductividad Eléctrica es de 1063 uS/cm y en el punto de monitoreo riachuelo Chontas (P-2) la Conductividad Eléctrica es de 313 uS/cm, como se puede observar en el gráfico N° 02 el punto P1 es superior a diferencia del punto de monitoreo P-2, en el cual podemos mencionar que su elevada conductividad eléctrica se debería principalmente que los lixiviados de la remediación Azalía presenta metales totales que estaría afectando a la calidad de agua del riachuelo Azalía, esta lixiviaciones se encuentran en varios puntos de la remediación de carbón.

#### 4.2.2. Resultados de los Parámetros Químicos

En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados del monitoreo realizado en campo, el cual fueron llevados al laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC reportando como respuesta lo siguiente:

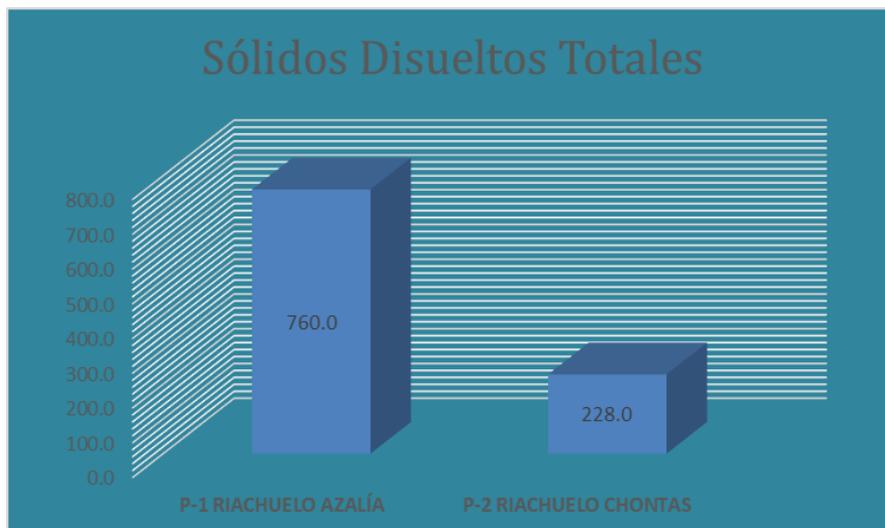
##### 4.2.2.1. Parámetro Sólidos Disueltos Totales

*Tabla N° 05: Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales*

Parámetros	Unidad	"ECA 3 " Permitido	P-1 RIACHUELO AZALÍA	P-2 RIACHUELO CHONTAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/lit	≤ 25	760.0	228.0

Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

*Gráfico N° 03: Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales*



Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

#### Análisis e Interpretación del parámetro Sólidos Disueltos Totales

Teniendo los estándares de calidad ambiental para Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático), los Sólidos Disueltos Totales es de  $\leq 25$  mg/lit, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) no cumple con los estándares de calidad ambiental para

categoría 4, ya que en el punto de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) los Sólidos Disueltos Totales es de 760 mg/lit y en el punto de monitoreo riachuelo Chontas (P-2) los Sólidos Disueltos Totales es de 228 mg/lit, en ambos puntos supera los estándares de calidad ambiental, en el punto de monitoreo P-1 dos veces más superior al P-2, estos resultados reafirma con lo que se mencionó en la conductividad eléctrica, por lo tanto la lixiviación de la remediación en el P-1 trae sólidos disueltos totales que está alterando la calidad de agua del riachuelo Azalía y en menos proporción al riachuelo de Chotas.

#### **4.2.2.2. Parámetro – Metales Totales**

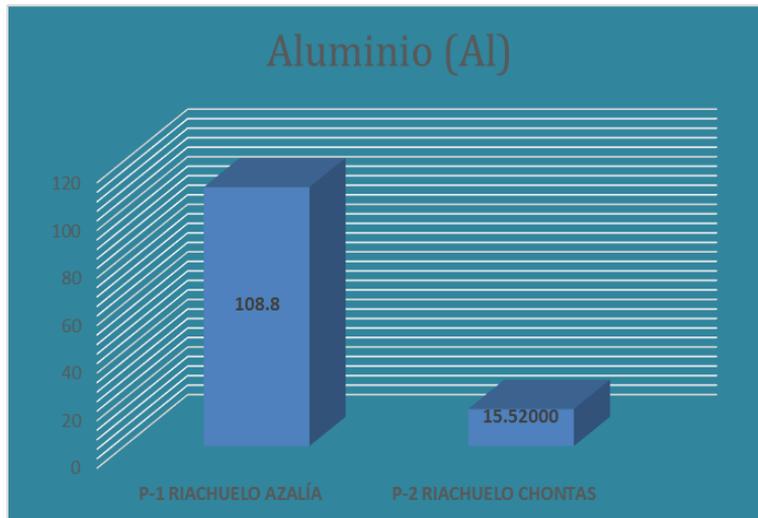
En la siguiente tabla y gráficos se puede apreciar los resultados del monitoreo realizado en campo, el cual fueron llevados al laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC reportando como respuesta lo siguiente

**Tabla N° 06: Resultado del Parámetro Metales Totales**

	"ECA 3" Permitido	P-1 RIACHUELO AZALÍA	P-2 RIACHUELO CHONTAS
Metales Totales (mg/l)	Plata (Ag)	—	<0.0007
	Aluminio (Al)	5	108.8
	Arsénico (As)	0,1	0.004
	Boro (B)	1	0.113
	Bario(Ba)	0,7	0.153
	Berilio(Be)	0,1	0.0135
	Calcio (Ca)	—	200.22
	Cadmio (Cd)	0,01	0.0013
	Cesio (Ce)	—	0.004
	Cobalto (Co)	0,05	0.1958
	Cromo (Cr)	0,1	0.0067
	Cobre (Cu)	0,2	0.5050
	Hierro (Fe)	5	1.612
	Mercurio (Hg)	0,001	<0.001
	Potasio (K)	—	8.00
	Litio (Li)	2,5	0.140
	Magnesio (Mg)	----	60.11
	Manganeso (Mn)	0,2	2.1309
	Molibdeno(Mo)	—	<0.002
	Sodio (Na)	—	3.85
	Niquel (Ni)	0,2	0.4485
	Fósforo (P)	—	0.048
	Plomo (Pb)	0.05	0.0244
	Antimonio (Sb)	—	<0.002
	Selenio (Se)	0,02	<0.003
	Silice (SiO2)	—	>107.15
	Estaño (Sn)	—	<0.001
	Estroncio (Sr)	—	0.57
	Titanio (Ti)	—	0.0065
	Talio (Tl)	—	<0.003
Vanadio(V)	—	0.0006	
Zinc (Zn)	2	6.055	

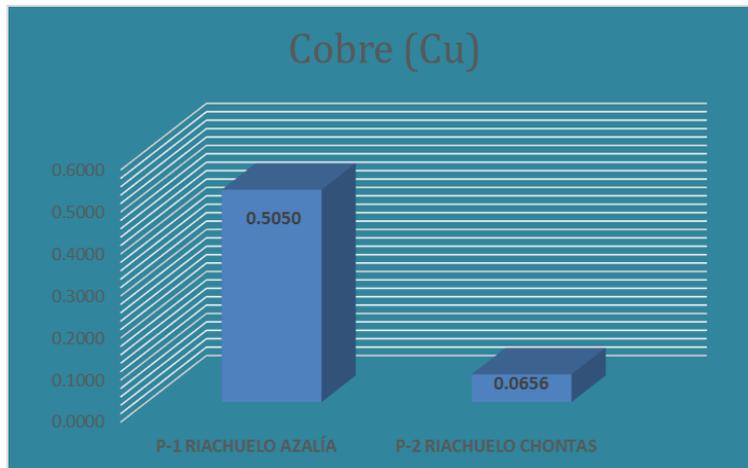
**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 04: Presencia de Aluminio**



**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 05: Presencia de Cobre**



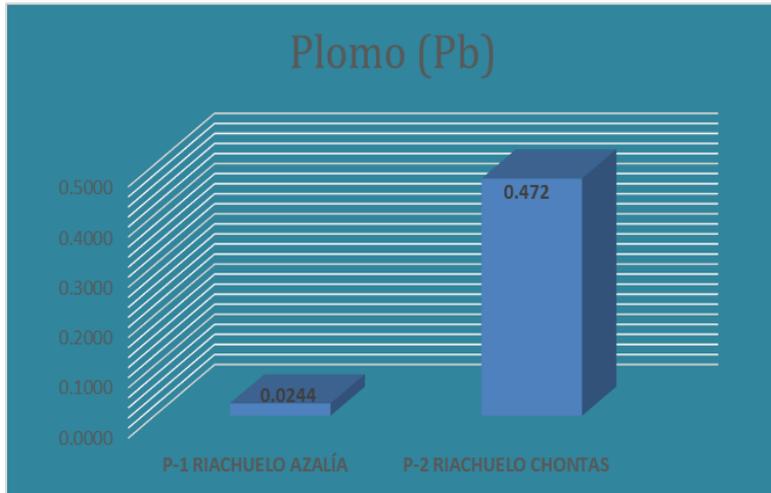
**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 06: Presencia de Hierro**



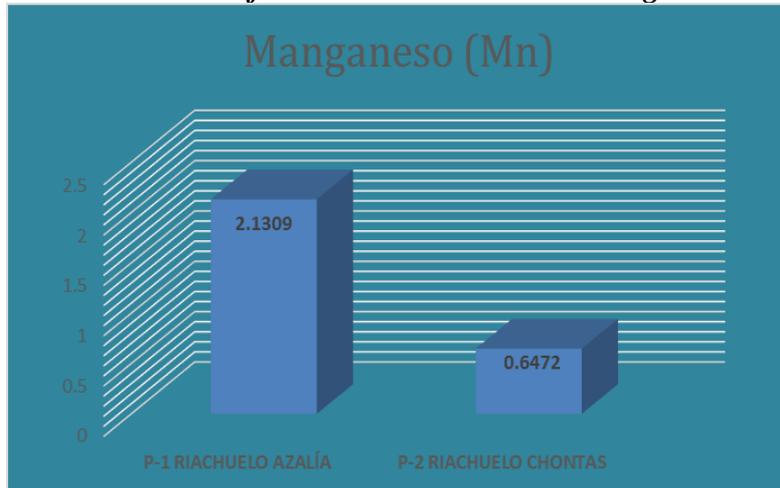
**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 07: Presencia de Plomo**



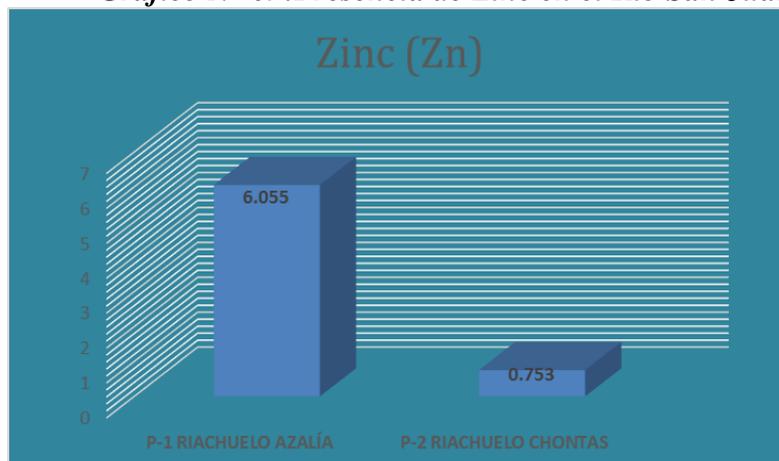
**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 08: Presencia de Manganeso**



**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Gráfico N° 09: Presencia de Zinc en el Río San Juan**



**Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.**

**Análisis e Interpretación del parámetro Metales Totales**

Teniendo los estándares de calidad ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), para los metales totales los estándares de calidad ambiental lo permitido en el agua es diferentes concentraciones de acuerdo al tipo de metales totales, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) se tiene los siguientes resultados:

- ✓ Para el caso del aluminio en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) superan los 5 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el P-1 la concentración de aluminio de 108.8 mg/ lit y en el punto P-2 de 15.52 mg/lit,
- ✓ Para el caso del cobre en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) superan los 0.2 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el P-1 la concentración de cobre de 0.5050 mg/ lit y en el punto P-2 de 0.0656 mg/lit,
- ✓ De igual forma para el caso del hierro en el riachuelo Chontas (P-2) supera los 5 mg/lit de los estándares de calidad ambiental para hierro teniendo en el P-1 la concentración de 1.612 mg/ lit y en el punto P-2 de 18.068 mg/lit,
- ✓ Para el caso del plomo en el riachuelo Chontas (P-2) supera los 0.05 mg/lit de los estándares de calidad ambiental para plomo teniendo en el P-1 la concentración de 0.0244 mg/ lit y en el punto P-2 de 0.472 mg/lit,
- ✓ Para el caso del manganeso en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) superan los 0.2 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el P-1 la concentración de manganeso de 2.1309 mg/ lit y en el punto P-2 de 0.6472 mg/lit,

- ✓ Para el caso del zinc en el riachuelo Azalía (P-) supera los 2 mg/lit de los estándares de calidad ambiental para zinc teniendo en el P1 la concentración de 6.055 mg/ lit y en el punto P-2 de 0.753 mg/lit,

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

La hipótesis general de la investigación es:

**“Evaluación de los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón Provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco – 2018”**

- Concluida nuestra investigación podemos mencionar que la hipótesis es válida, ya que se pudo determinar que los parámetros físicos y químicos de la calidad de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumple con la estándares de calidad ambiental de agua, por lo que se pudo observar en los resultados que la conductividad se encuentra por encima de los estándares de calidad ambiental para agua, asimismo para el caso de los Sólidos Disueltos Totales donde supera 9 veces más en ambos puntos de monitoreo y con respecto a los metales totales superan los estándares de calidad ambiental de agua en el caso del aluminio, cobre, plomo, manganeso, zinc y hierro.

#### **4.4. Discusión de resultados**

- ✓ Las remediaciones concluidas de los depósitos de restos de carbón denominado remediación Azalia (Desmontera Azalia) y remediación Chontas (Desmontera Chontas) en algunos puntos se tienen lixiviados de aguas acidas y estas a su vez llegan a desembocar al riachuelo de Azalía y riachuelo Chontas afectando su calidad, lo cual se desconocía la calidad de agua de estos recursos hídricos. De la investigación realizada se concluye que:

- ✓ La conductividad eléctrica solo cumple con estándares de calidad ambiental para Categoría 3 el punto de monitoreo P2, ya que en el punto de riachuelo Azalía (P-1) la Conductividad Eléctrica es de 1063 uS/cm, en el cual podemos mencionar que su elevada conductividad eléctrica se debe principalmente que los lixiviados de la remediación Azalía presenta metales totales que estaría afectando a la calidad de agua del riachuelo Azalía, las lixiviaciones se encuentran en varios puntos de la remediación de carbón, recordemos que el carbón está asociado de metales totales y presencia de sulfuros.
- ✓ Los Sólidos Disueltos Totales no cumple con los estándares de calidad ambiental para categoría 4, ya que en el punto de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) los Sólidos Disueltos totales es de 760 mg/lit y en el punto de monitoreo riachuelo Chontas (P-2) los Sólidos Disueltos Totales es de 228 mg/lit, en ambos puntos supera los estándares de calidad ambiental, los sólidos disueltos totales están alterando la calidad de agua del riachuelo Azalía y en menos proporción al riachuelo de Chotas, por lo tanto se puede mencionar que estas remediaciones no están bien impermeabilizados, por ello afecta la calidad de agua.
- ✓ Para el caso de los metales totales en ambos puntos de monitoreo la calidad de agua se ve alterado por los lixiviados y vertimientos, en el cual se encuentra alta presencia de metales totales como en el aluminio, cobre, plomo, manganeso, zinc y hierro, este último se debe a que el carbón está asociado con el sulfuro de hierro.

## CONCLUSIONES

1. De las remediaciones concluidas de los depósitos de restos de carbón denominado remediación Azalía (Desmontera Azalía) y remediación Chontas (Desmontera Chontas), en algunos puntos se tienen lixiviados de aguas ácidas, que a su vez llegan a desembocar al riachuelo de Azalía y riachuelo Chontas afectando los parámetros físicos - químicos y por ende su calidad de agua
2. Con respecto al parámetro físico, la conductividad eléctrica solo cumple con estándares de calidad ambiental para Categoría 3 el punto de monitoreo, riachuelo Chontas (P-2), en el punto de riachuelo Azalía (P-1) la Conductividad Eléctrica es de 1063 uS/cm, por lo tanto podemos concluir que su elevada conductividad eléctrica se debe principalmente que los lixiviados de la remediación Azalía presenta metales totales que afecta la calidad de agua del riachuelo Azalía, estos lixiviados se encuentran en varios puntos de la remediación de carbón afectando el recurso hídrico
3. Con respecto a los parámetros químicos, los sólidos disueltos totales no cumple con los estándares de calidad ambiental para categoría 4 es de  $\leq 25$  mg/lit., ya que en el punto de monitoreo riachuelo Azalía (P-1) los sólidos disueltos totales es de 760 mg/lit y en el punto de monitoreo riachuelo Chontas (P-2) los sólidos disueltos totales es de 228 mg/lit, en ambos puntos supera los estándares de calidad ambiental, los sólidos disueltos totales están alterando la calidad de agua del riachuelo Azalía y en menos proporción al riachuelo de Chontas, por lo tanto se puede mencionar que estas remediaciones de carbón no están bien impermeabilizados y remediados afectando la calidad de agua.
4. De acuerdo a los parámetros químicos, los metales totales no cumplen con los estándares de calidad ambiental para categoría 3:

- Para el aluminio en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) superan los 5 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el P-1 la concentración de aluminio de 108.8 mg/ lit y en el punto P-2 de 15.52 mg/lit.
- Para el cobre en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) superan los 0.2 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el P-1 la concentración de cobre de 0.5050 mg/ lit y en el punto P-2 de 0.0656 mg/lit.
- Para el hierro en el riachuelo Chontas (P-2) supera los 5 mg/lit de los estándares de calidad ambiental, en el punto P-2 de 18.068 mg/lit.
- Para el plomo en el riachuelo Chontas (P-2) supera los 0.05 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el punto P-2 de 0.472 mg/lit.
- Para el manganeso en los dos puntos de monitoreo el riachuelo Azalía (P-1) y riachuelo Chontas (P-2) superan los 0.2 mg/lit de los estándares de calidad ambiental teniendo en el P-1 la concentración de manganeso de 2.1309 mg/ lit y en el punto P2 de 0.6472 mg/lit.
- Para el zinc en el riachuelo Azalía (P-) supera los 2 mg/lit de los estándares de calidad ambiental en el punto de monitoreo P-1 la concentración de 6.055 mg/ lit y en el punto P-2 de 0.753 mg/lit, estos representan la mala impermeabilización de la remediación de Azalía lo cual la lixiviación trae consigo este metal total.

Estos resultados representan la mala impermeabilización de las remediaciones, es por ello que la lixiviación trae consigo que estos metales totales alteren la calidad de agua del río Azalía y Chontas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Los representantes gubernamentales a través de la empresa estatal Activos Mineros debe realizar trabajos que eliminen todo tipo de drenaje ácidos por las remediaciones de desmontes, lo cual viene generando lixiviación.
2. Realizar monitoreos de la calidad de agua trimestrales a fin de ir controlando la lixiviación y vertimientos que tiene la remediación
3. En algunos puntos de la remediación se puede evidenciar la presencia de restos de carbón en el cual se debe programar por parte de la empresa estatal Activos Mineros quienes son responsables de la remediación, por ello la empresa mencionada está a cargo de eliminar la presencia de la generación de lixiviación.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

**Adame, R. (1995).** Contaminación Ambiental. México: Trillas.

**Autoridad Nacional del Agua ANA.** (marzo de 2011). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial, 34. Lima, Perú: MINAM.

**Amelia Corzo Remigio (2015)** Impacto de los Pasivos Ambientales Mineros en el Recurso Hídrico de la Microcuenca Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima.

**Franklin Wilfredo Graza Evaristo y Ronal Quispe Pozo (2015).** Determinación de Pb, Cd, As en Aguas del Río Santa en el Pasivo Minero Ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay – Ancash. Perú.

**Cristian Alexander Bareño Bohorquez (2018).** Evaluación de los Riesgos Generados por Pasivos Ambientales en la Minería de Carbón, Bogotá. Colombia.

**Ministerio del Ambiente.** Glosario de Términos Sitios Contaminados. Lima Perú. 2016.

**Autoridad Nacional del Agua (2010).** Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Autoridad Nacional Del Agua – DGCRH - Ministerio de Agricultura

**Ministerio del Ambiente (2017).** Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

**Autoridad Nacional del Agua.** Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales Resolución Jefatural N° 010-2014-ANA

**Autoridad Nacional del Agua.** Plan Nacional de Recursos Hídricos, Lima 2011.

**Estándares de Calidad Ambiental (ECA)** para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

**Informe de Ensayo** (2018) Servicios Analíticos Generales, acreditado por INACAL.

**Activos Mineros (2007)**. Servicio de evaluación y elaboración de expedientes técnicos para culminar el cierre de los pasivos ambientales de Azalía y pucará de la mina Goyllarisquizga - Cerro de Pasco.

**Facultad de ciencias del ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” (2010)**. Protocolo de Monitoreo de Agua

**Jimeno (1998)**. Calidad de Agua.

**Romero (2005)**. Evaluación de Agua.

**Jiménez (2001)**. El Agua, su aprovechamiento.

**Páginas de Internet:**

**Activos Mineros (2019)**. Pasivos ambientales. Información extraído de página web:  
<http://www.activosmineros.com.pe/>.

**Ministerio de Energía y Minas (2019)**, Normativa ambiental para pasivos y cierre de minas. Información extraída de página web: <http://www.mt.mt.gob.pe/>

**Carlos Sabino (1994)**. Como Hacer Una Tesis. Información extraída de página web:  
[http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/como\\_hacer\\_una\\_tesis.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/como_hacer_una_tesis.pdf)

**Universidad Politécnica Hispano Mexicano (2019)**. Manual Para la elaboración de Tesis y Trabajos de Investigación. Información extraída de página web:  
[http://www.uphm.edu.mx/manuales/Manual para-elaboracion-de-tesis-y-trabajos-de-investigacion.pdf](http://www.uphm.edu.mx/manuales/Manual_para-elaboracion-de-tesis-y-trabajos-de-investigacion.pdf).

**Normas APA (2019).** Cómo elaborar el planteamiento del problema de tu tesis.

Información extraída de página web: <http://normasapa.net/planteamiento-del-problema-tesis/>.

# **ANEXOS**

**ANEXO N° 01**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL DISTRITO DE GOYLLARISQUIZGA INFLUENCIADO POR LOS PASIVOS AMBIENTALES DE CARBÓN**

<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>
¿Cuál es la calidad de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón?	Evaluar la calidad de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón	La calidad de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumple con la Estándares de Calidad Ambiental de Agua..
<b>PROBLEMA ESPECIFICO</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuál es la calidad física de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón?</li> <li>2. ¿Cuál es la calidad química de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón?</li> <li>3. ¿Cuáles son los pasivos ambientales que afectan los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar la calidad física de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón.</li> <li>2. Determinar la calidad química de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón.</li> <li>3. Identificar los pasivos ambientales que afectan los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.La calidad física de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumple con la Estándares de Calidad Ambiental de Agua.</li> <li>2.La calidad química de los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón no cumple con la Estándares de Calidad Ambiental de Agua.</li> <li>3.Los pasivos ambientales que afectan los recursos hídricos en el distrito de Goyllarisquizga son los desmontes con restos de carbón.</li> </ol>

**ANEXO N° 02**  
**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**  
**INFORME DE ENSAYO OTORGADOS POR LABORATORIO**



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



### INFORME DE ENSAYO N° 127070-2018 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : LOZANO SANTIAGO WENDY BEATRIZ  
**DOMICILIO LEGAL** : ASOCIACIÓN PRO VIVIENDA LINDAC MZ D LT 1 - DISTRITO DE YANACANCHA - PASCO  
**SOLICITADO POR** : LOZANO SANTIAGO WENDY BEATRIZ  
**REFERENCIA** : RESERVADO POR EL CLIENTE  
**PROCEDENCIA** : GOLLARISQUIZGA  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2018-12-11  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 2018-12-11  
**MUESTREO POR** : EL CLIENTE

#### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Sólidos disueltos totales (TDS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017, Solids Total Dissolved Solids Dried at 180°C.	4.0	mg/L
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silice(SiO <sub>2</sub> ), Plata, Sodio, Estroncio, Talco, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4, EMMC Version / 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

#### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2018-12-09	2018-12-09
Hora de inicio de muestreo (h)	09:02	09:40
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	P-1	P-2
Código del Laboratorio	18120868	18120869
Ensayo	Unidad	Resultados
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	760.0 / 228.0

Quim. Bebeth Y. Fajardo Leó.  
 C.Q.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod.: F110/Análisis: 08/FE/03/02/18

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

Observaciones: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados analíticos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las matrices serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comience al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, desde o aplicación del contenido a la apariencia de este documento es ilegal y los culpables podrán ser perseguidos de acuerdo a la ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clarinda Matto de Tarnier N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



INACAL  
DA - Perú  
Organismo de  
Acreditación  
Registro N° LE-047

## INFORME DE ENSAYO N° 127070-2018 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada		Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo		2018-12-09	2018-12-09
Hora de inicio de muestreo (h)		09:02	09:40
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente		P-1	P-2
Código del Laboratorio		18120868	18120869
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	108.80
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.004
Boro (B)	0.002	mg/L	0.113
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.153
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	0.0135
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	200.22
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0256
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.339
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.1958
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0067
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.5050
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.612
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	8.00
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.140
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	60.11
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	2.1309
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	3.85
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.4485
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.048
Piomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0244
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	>107.15
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.570
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0065
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0006
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	6.055

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 21 de Diciembre del 2018.

Juim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: FI 00/Mp/046: 08/FE/03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EP: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. MFL: Método Oficial Propio

ORGANIZACIÓN: • Este informe es propiedad parcial o total del presente laboratorio a menos que sea bajo la administración directa de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTIDAD del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los cambios pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Clacsa Río Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima Página 2 de 2  
• Central Telefónica (511) 425-6100 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

**ANEXO N°3**  
**CADENA DE CUSTODIA-DOCUMENTO DE CAMPO**



**ANEXO N°4**  
**FOTOGRAFIAS DE LA EJEUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

**Fotografía N° 01: UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO P-1  
(RIACHUELO AZALÍA)**



**Fotografía N° 02: UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO P-2  
(RIACHUELO CHONTAS)**



**Fotografía N° 03: VISTA DEL VERTIMIENTO DE AGUA PROVENIENTE DE  
LA REMEDIACIÓN DE CHONTAS**



***Fotografía N° 04: VISTA CARBÓN PRESENTE EN LAS REMEDIACIONES DE AZALÍA Y CHONTAS***



***Fotografía N° 05: VISTA DE BOCAMINAS ABIERTAS EN LA REMEDIACIÓN DE AZALÍA***

