



Instituto de
Posgrado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES

**LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD
DEL USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL
PROYECTO MINERO DE EXPLORACION AVANZADA CASCABEL
EN LA PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magister
en Gestión Sustentable de Recursos Naturales

DIRECTOR:

Ing. Pablo Marcelo Puente Carrera MSc.

AUTOR:

Ing. Adrián Isaías Esparza Gavilanes

IBARRA - ECUADOR

2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Por el presente hago constatar que he leído el proyecto de Tesis de Maestría, presentado por ADRIÁN ISAÍAS ESPARZA GAVILANES, para optar por el grado de Magister en Gestión Sustentable de Recursos Naturales, cuyo título es: **“LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD DEL USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO MINERO DE EXPLORACION AVANZADA CASCABEL EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”**.

En la ciudad de Ibarra, a los 25 días de julio de 2019

Lo certifico.



Ing. MSc Marcelo Puente Carrera
CI:
DIRECTOR

APROBACIÓN DEL JURADO

**LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD DEL
USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO
MINERO DE EXPLORACION AVANZADA CASCABEL EN LA PROVINCIA
DE IMBABURA**

Por: Ing. Adrián I. Esparza G.


Trabajo de Grado de Maestría aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte,
por el siguiente Jurado, a los 25 días del mes de julio de 2019.



.....
Ing. Marcelo Puente Carrera MSc.



.....
Dr. Alonzo Zuleta Padilla Ph.D



.....
Dra. Patricia Aguirre Mejía Ph.D



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100199653-5
APELLIDOS Y NOMBRES:	Adrián Isaías Esparza Gavilanes
DIRECCIÓN:	Otavalo, calle Bolívar 1-26 y Estévez Mora
EMAIL:	aieg1976@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	062920186 TELÉFONO MÓVIL: 0990499328

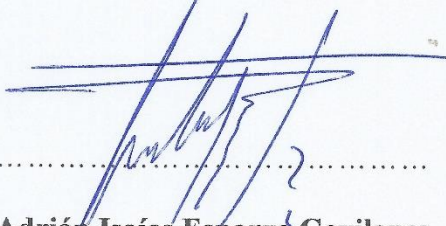
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD DEL USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO MINERO DE EXPLORACIÓN AVANZADA CASCABEL EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”
AUTOR (ES):	Adrián Isaías Esparza Gavilanes
FECHA:	2019-07-25
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Gestión Sustentable de Recursos Naturales
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Pablo Marcelo Puente Carrera MSc.

2.- CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de julio de 2019

EL AUTOR



.....

Adrián Isafías Esparzá Gavilanes



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **ADRIÁN ISAÍAS ESPARZA GAVILANES**, con cédula de identidad Nro. **1001996535**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **“LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD DEL USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO MINERO DE EXPLORACION AVANZADA CASCABEL EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de **MAGÍSTER EN GESTIÓN SUSTENTABLE EN RECURSOS NATURALES**, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 25 días del mes de julio de 2019

Adrián Isaías Esparza Gavilanes

Cédula: 1001996535

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: POSTGRADO – UTN

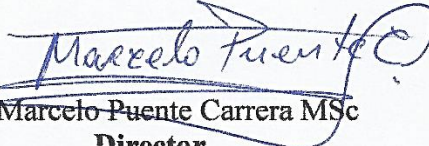
Fecha: Ibarra, 25 de julio del 2019

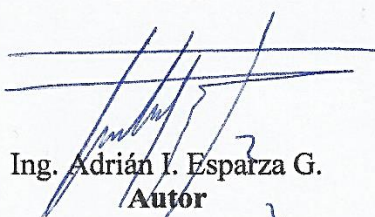
ADRIÁN ISAÍAS ESPARZA GAVILANES “TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES” / TRABAJO DE GRADO DE Magister en Gestión Sustentable de Recursos Naturales. UTN. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Marcelo Puente Carrera MSc

El principal objetivo fue evaluar la huella hídrica como un indicador de sustentabilidad del uso del agua; calcular la huella hídrica azul y gris; evaluar la sostenibilidad de la huella hídrica y diseñar estrategias que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura.

Fecha: Ibarra, 25 de julio de 2019


Ing. Marcelo Puente Carrera MSc
Director


Ing. Adrián I. Esparza G.
Autor

DEDICATORIA

Para: Anai, Thomás y Valentina

En la vida encuentras personas que iluminan tu vida su apoyo, comprensión, paciencia y amor son la razón que impulsa a la voluntad para seguir adelante y te ayudan a alcanzar de mejor manera tus metas.

A mis Papás, Adrián y Kathya, a mis Hermanos, Boris y Cinthya, por su amor, trabajo, ayuda y sacrificio de todos estos años.

A todos los amigos y personas que estuvieron involucrados de una u otra forma en la realización de esta investigación.

Al TODO absoluto, infinito e inmutable...

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a la Empresa Exploraciones Novomining S.A – ENSA, subsidiaria del grupo SolGold, y al personal técnico del proyecto de exploración avanzada Cascabel sin cuya apertura y colaboración no se habría podido llevar a cabo esta investigación.

Mi sincero agradecimiento a Jason Ward, presidente de ENSA, Santiago Vaca, Jefe de Proyecto Cascabel, Lilian Layedra Coordinadora del Departamento de Gestión Social, Diego Arcos Gerente del Departamento de Seguridad Salud y Ambiente y a todo su equipo, cuyo apoyo fue decisivo para la elaboración de la investigación.

Reconozco además la valiosa contribución y las revisiones útiles y oportunas de los docentes y directivos del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica del Norte.

Agradezco el total apoyo del Ing. MSc. Marcelo Puente, tutor de tesis, Dr. Alonso Zuleta, asesor de tesis y Dra. Patricia Aguirre Coordinadora del Programa de Maestría GESUREN III, cuyas opiniones, comentarios, sugerencias y orientación fue concluyente para la finalización de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	i
APROBACIÓN DEL JURADO.....	ii
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vii
RECONOCIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I.....	11
1 Introducción.....	11
1.1 Problema de investigación	11
1.2 Objetivos de la investigación.....	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificación	13
CAPITULO II.....	15
2 Marco referencial	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Referentes teóricos.....	15

2.2.1	Huella Hídrica de un Proceso	15
2.2.2	Sostenibilidad de la huella hídrica.....	24
2.3	Tratamiento de Líquidos Residuales.....	27
2.3.1	Diagrama de Bloques de un Sistema de Tratamiento de Líquidos Residuales .	27
2.4	Marco Legal.....	29
2.4.1	Constitución Política del Ecuador	29
2.4.2	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua	31
2.4.3	Ley de prevención y control de la contaminación ambiental	32
2.4.4	Ley de Aguas.....	33
2.4.5	Ley de Minería	34
2.4.6	Código Orgánico del Ambiente (COA).....	35
2.4.7	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente	37
2.4.8	Plan Nacional del Buen Vivir.....	38
CAPÍTULO III		40
3	Marco metodológico.....	40
3.1	Descripción del Área de Estudio	40
3.1.1	Ubicación política del proyecto minero Cascabel	41
3.1.2	Ubicación Geográfica.....	41
3.1.3	Factores bióticos y abióticos	42
3.2	Diseño y tipo de investigación	45
3.3	Procedimiento de investigación	45
3.3.1	Fase I Contabilidad de la huella hídrica azul y gris en taladros de perforación	46
3.3.2	Fase II Evaluación y análisis de la sostenibilidad de la huella hídrica.....	48

3.3.3	Fase III Diseño de estrategias que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura.....	50
3.4	Consideraciones bioéticas.....	50
CAPÍTULO IV		52
4	Resultados y propuesta.....	52
4.1	Contabilidad de la Huella Hídrica.....	52
4.1.1	Caracterización de las actividades y procesos del taladro de perforación	54
4.1.2	Caracterización de los procesos del tratamiento de agua residual	65
4.1.3	Cálculo de la Huella Hídrica Azul	68
4.1.4	Cálculo de la huella hídrica gris	74
4.1.5	Cálculo de la Huella Hídrica Total (HHt)	79
4.2	Evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica	80
4.2.1	Criterios básicos de sostenibilidad	80
4.2.2	Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Azul	83
4.2.3	Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Gris	85
4.2.4	Sostenibilidad Social de la Huella Hídrica.....	87
4.2.5	Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica.....	88
4.3	Diseño de estrategias que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico	91
CAPÍTULO 5		95
5	Conclusiones y recomendaciones.....	95
5.1	Conclusiones.....	95
5.2	Recomendaciones	96

6	Referencias bibliográficas	98
---	----------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la evaluación de la Huella Hídrica.....	17
Figura 2. Diagrama de Bloques de un Sistema de Tratamiento de Líquidos Residuales	27
Figura 3. Ubicación del área de estudio Proyecto Minero Cascabel.....	42
Figura 4. Fases de la Investigación.....	45
Figura 5. Mapa de Georreferenciación de Puntos de Captación de Agua.....	53
Figura 6. Mapa de Georreferenciación de Taladros de Perforación.....	54
Figura 7. Partes de un Taladro de Perforación	55
Figura 8. Diagrama de flujo de las actividades desarrolladas en una Plataforma o Taladro de Perforación.....	58
Figura 9. Diagrama de Bloques de Tratamiento de Agua Residual del Proyecto Cascabel	65
Figura 10. Volumen de agua utilizado por taladro por año	70
Figura 11. Caudal Mensual del Afluente año 2018.....	72
Figura 12. Caudales naturales, ecológicos, caudal adjudicado por la Senagua y huella hídrica total	81
Figura 13. Caudales y resultado de la huella hídrica azul	83
Figura 14. Caudal de afluentes, efluentes y huella hídrica total.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de Captación Autorizados, Caudal Natural, Caudal Ecológico.....	52
Tabla 2. Aditivos para la preparación de fluido de perforación	60
Tabla 3. Volúmenes de agua mensuales en metros cúbicos registrados en los Taladros o Plataformas de Perforación.....	69
Tabla 4. Caudal de afluentes, efluentes, flujo de retorno perdido y agua evaporada	70
Tabla 5. Resultados de la huella hídrica azul	74
Tabla 6. Parámetros físicos / químicos del afluente	75
Tabla 7. Parámetros físicos y químicos del agua o efluente.....	77
Tabla 8. Resultados de la Huella Hídrica Gris	79
Tabla 9. Caudales naturales, ecológicos y huella hídrica total	81
Tabla 10. Carga contaminante y límites permisibles del TULSMA	82
Tabla 11. Caudal natural, ecológico y resultado de la Huella Hídrica Azul	83
Tabla 12. Cálculo de la disponibilidad de agua azul	84
Tabla 13. Cálculo de la escasez de agua azul	85
Tabla 14. Parámetros, Escorrentía Real de la Quebrada y Resultados de Huella Gris ..	86
Tabla 15. Cálculo del índice de contaminación del agua	86
Tabla 16. Caudales de quebradas afluentes, efluentes y huella hídrica total.....	87
Tabla 17. Distribución del personal comunitario de ENSA - 2018.....	90

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS
NATURALES
“LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD DEL
USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO
MINERO DE EXPLORACION AVANZADA CASCABEL EN LA PROVINCIA
DE IMBABURA”

Autor: Adrián I. Esparza G.

Tutor: Ing. MSc. Marcelo Puente

Año: 2019

RESUMEN

Considerando el hecho de que la minería es un recurso estratégico para el país es necesario analizar y comprender su huella hídrica para gestionarla y generar alternativas para que las relaciones entre las empresas de exploración, el recurso hídrico y las comunidades dentro del área de influencia tiendan a tener mayor equilibrio. Este estudio se fundamentó en el objetivo de determinar la sustentabilidad en el consumo de agua y la contaminación generada por esta actividad en el área de influencia directa del proyecto mediante la evaluación de la huella hídrica y sus componentes, huella hídrica azul y gris en los Taladros de Perforación del Proyecto de Exploración Minera Cascabel en la Provincia de Imbabura. La metodología fue cuantitativa con alcance descriptivo y de campo, desarrollada por el investigador holandés Arjen Hoekstra (2011) y su equipo de colaboradores de la Universidad de Twente. Se empleó la técnica de la entrevista a técnicos responsables del área de perforación y del departamento de Seguridad, Salud y Ambiente de Exploraciones Novomining S.A. Como resultados se obtuvo que la Huella

Hídrica Azul en los Taladros de Perforación es de 0.04 l/s, que no sobrepasa los volúmenes del caudal ecológico natural del afluente, mientras que los resultados de la Huella Hídrica Gris dieron un valor de 0.21 l/s muy por debajo del caudal ecológico del efluente receptor, mientras que los análisis de calidad de agua realizados indicaron que los parámetros están dentro de los límites permisibles por la legislación ambiental ecuatoriana, los procesos implementados de recirculación y tratamiento del agua ayudan a disminuir la Huella Gris.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS
NATURALES
“LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD DEL
USO DEL AGUA EN TALADROS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO
MINERO DE EXPLORACION AVANZADA CASCABEL EN LA PROVINCIA
DE IMBABURA”

Autor: Adrián I. Esparza G.

Tutor: Ing. MSc. Marcelo Puente

Año: 2019

ABSTRACT

Considering the fact that mining is a strategic resource for the country, it is necessary to analyze and comprehend its water footprint in order to manage it and generate alternatives so that relations between exploration companies, water resource and the communities within the influence area tend to have a greater balance. This study was based on the objective of determining the sustainability of water consumption and the pollution generated by this activity in the direct influence area of the project through the evaluation of the water footprint and its components, blue and gray water footprint in the Drill rigs of the Cascabel Mining Exploration Project in Imbabura Province. The methodology was quantitative with descriptive and experimental scope, developed by the Dutch researcher Arjen Hoekstra (2011) and his team of collaborators of the Twente University. The technique used was the interview to technicians responsible for the drilling area and the Security, Health and Environment department of Explorations Novomining S.A. As a result, it was obtained that the Blue Water Footprint in the drill rigs is 0.04 l / s, which

does not exceed the volumes of the natural ecological flow of the affluent, while the results of the Gray Water Footprint gave a value of 0.21 l / s far below of the ecological flow of the affluent, while the water quality analysis carried out indicated that the parameters are within the limits allowed by the Ecuadorian environmental legislation, the implemented processes of recirculation and water treatment help to reduce the Gray Footprint.

CAPÍTULO I

1 Introducción

1.1 Problema de investigación

La Organización de las Naciones Unidas declaró el acceso al agua potable como un derecho humano en 2010. Tres años después, un equipo formado por más de 500 científicos e ingenieros del *Cooperative Remote Sensing Since & Technology Center*, alertó que la mayoría de los habitantes de la Tierra se verán obligados a vivir con restricciones en el suministro de agua dulce en un intervalo de tiempo equivalente a dos generaciones, debido a su sobreexplotación unido al cambio climático y a la contaminación (WWAP, 2016).

Según el departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas (DAES, 2014), el agua resulta vital a la hora de reducir la carga mundial de enfermedades y para mejorar la salud, el bienestar y la productividad de las poblaciones, así como para la producción y la preservación de una serie de beneficios y servicios de los que gozan las personas, también está en el corazón de la adaptación al cambio climático, sirviendo de vínculo crucial entre el sistema climático, la sociedad humana y el ambiente.

La huella hídrica está alineada con las estrategias de implementación y cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) al año 2030, específicamente en el objetivo 6 de agua limpia y saneamiento, y de manera transversal con los demás objetivos, especialmente el 3 (salud y bienestar) y el 12 (producción y consumo sustentable) (ONU, Agenda 2030 y los objetivos del desarrollo sostenible, 2016).

El indicador de huella hídrica también se encuentra alineado con el 11° Reporte de Riesgos Globales publicado por el Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2016), que sitúan la crisis del agua entre los tres principales riesgos que mayor impacto podrían causar sobre los sistemas y países en la próxima década reflejados en las tres esferas del desarrollo sustentable.

Ante esta problemática a nivel mundial se ha producido una creciente demanda por parte de las empresas y organizaciones para encontrar las herramientas adecuadas que les permita mejorar el manejo y la gestión sustentable del agua con la finalidad de poder cuantificar los potenciales impactos que generen sus actividades sobre el recurso hídrico.

El agua es uno de los puntos más sensibles en el debate “medio ambiente y minería”, ya que es una de las actividades a la que más se le demanda o cuestiona su utilización para su proceso industrial.

En la mayoría de las operaciones mineras de exploración avanzada, el agua se obtiene desde el subsuelo, arroyos, ríos y lagos. Sin embargo, a menudo los proyectos están ubicados en zonas donde a veces el agua es abundante y a veces escasa, comprensiblemente, las comunidades y autoridades locales comúnmente se oponen a ellas ya que utilizan el agua de estas fuentes, las cuales se quiere proteger al máximo.

Grupos conservacionistas y ambientalistas y señalan que esta actividad consume millones de litros de agua por día, que es contaminante no es ambientalmente sustentable y afecta de manera considerable al recurso.

La Constitución de la República del Ecuador (2008), en su Artículo N°12 indica, que el agua es un derecho “fundamental e irrenunciable” pues de acuerdo a esta carta magna “El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (Constitución de la República del Ecuador, pág. 56).

De la misma manera la Constitución de la Republica en su Artículo N°66 menciona, “El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios”, derechos a los que accederían y beneficiarían de manera directa e indirecta los pobladores y habitantes de las comunidades que se encuentren dentro del área de influencia de un proyecto estratégico de minería de exploración avanzada (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 153).

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la huella hídrica como un indicador de sustentabilidad del uso del agua en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura, Ecuador.

1.2.2 Objetivos específicos

- Calcular la huella hídrica azul y gris en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura.
- Evaluar la sostenibilidad de la huella hídrica en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura.
- Diseñar estrategias que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura.

1.3 Justificación

En la actualidad, en el Ecuador no se cuenta con suficientes datos de medición de la huella hídrica en las empresas que se dedican a realizar trabajos de exploración minera.

Considerando el hecho de que la minería es un recurso estratégico para el país es necesario analizar y comprender su huella hídrica para gestionarla y generar alternativas para que las relaciones entre las empresas de exploración, el recurso hídrico y las comunidades dentro del área de influencia tiendan a tener mayor equilibrio.

Dada la importancia del agua para la vida y el desarrollo de las actividades productivas en el Ecuador, surge la necesidad de incluir el tema del uso del agua como indicador de

sustentabilidad en minería de exploración avanzada, como uno de los elementos estratégicos para el crecimiento económico, empleo, generación de puestos de trabajo directos e indirectos con el fin de reducir las desigualdades en las comunidades del área de influencia donde se desarrolla el proyecto, por el contrario, la falta de investigación en la gestión del agua no solo conlleva una pérdida de oportunidades, sino que también puede impedir el desarrollo socioeconómico y ambiental en las comunidades rurales.

CAPITULO II

2 Marco referencial

2.1 Antecedentes

El concepto de Huella Hídrica fue creado por Argén Hoekstra, quien lo definió como un indicador del recurso hídrico sobre el consumo directo o indirecto. Estos indicadores han proporcionado un conocimiento integral del agua dulce y su posible cuantificación en su consumo y comercio, permitiendo establecer acciones para su administración adecuada y eficiente (Hoekstra, 2010).

En el país, según datos de la SENAGUA (2008), el uso consuntivo mayoritario en el Ecuador es agrícola, representando un 80%, seguido por el uso doméstico con un 13% y por la industria con un 7%.

En el presente capítulo como una introducción teórica al tema de tesis, se describirá en primer lugar, un resumen sobre huella hídrica, a continuación, se explica brevemente sobre la sostenibilidad de la huella hídrica y, por último, se realiza una breve síntesis de la normativa legal e institucional que regula las actividades de minería en el Ecuador y que serán tomados en cuenta en el proceso de investigación.

2.2 Referentes teóricos

2.2.1 Huella Hídrica de un Proceso

La evaluación de la Huella Hídrica es considerada una herramienta de análisis cuyo propósito es ayudar a comprender la forma en que las actividades y productos están relacionados con el problema de escasez y contaminación del recurso hídrico y sus

impactos. La principal razón para desarrollar el cálculo de la huella hídrica se debe a que en la mayoría de los países ha superado la capacidad de aporte hídrico, dando lugar a una desigual distribución del recurso hídrico (Cabezas & González, 2017).

Según Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen (2011), la Huella Hídrica es el volumen de agua dulce utilizada, medida a lo largo de toda la cadena de suministro, siguiendo el enfoque de análisis de ciclo de vida. Se trata de un indicador multidimensional, que muestra:

- Los volúmenes de agua consumidos, clasificados por fuentes.
- Los volúmenes de agua contaminados, clasificados por tipo de contaminación.

Se puede calcular la Huella Hídrica (HH) de un proceso, de un producto, de una industria, de una organización, de un país y hasta de la humanidad. Todos los componentes de una huella hídrica total se especifican geográfica y temporalmente.

El concepto proporciona información sobre la cantidad de agua dulce utilizada en las diferentes etapas del proceso y constituye un medio útil para la estimación de los flujos de agua (Chenoweth, Hadjikakou, & Zoumides, 2013).

Hoekstra et al. (2011) Sostiene que el primer paso en la aplicación de la Huella Hídrica consiste en realizar una contabilidad de agua, en otras palabras, medir toda el agua que se consume en la fabricación de un producto o en un proceso. Después de esto, se debe realizar una evaluación de los impactos asociados a ese consumo de agua, y finalmente una evaluación de todos los impactos agregados, que son asociados al consumo de agua de este producto; en la Figura 1 se muestran las cuatro etapas para la evaluación de la Huella Hídrica.

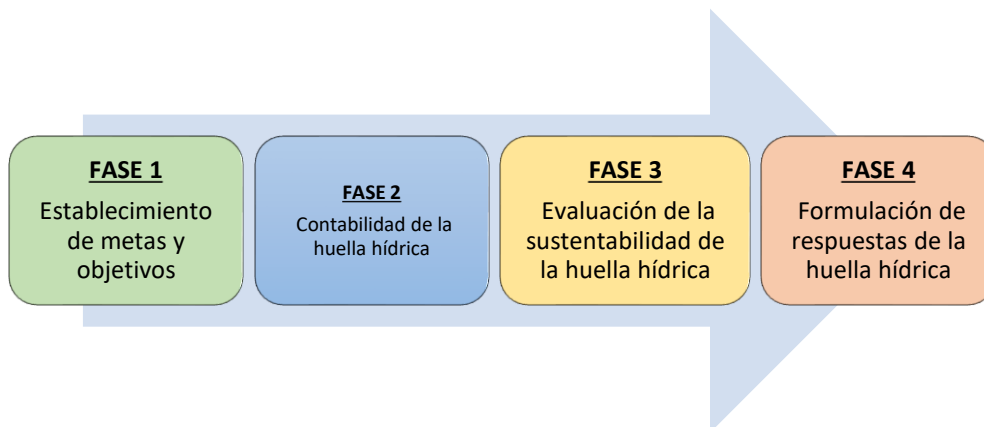


Figura 1. Etapas de la evaluación de la Huella Hídrica

Fuente: Hoekstra, 2011

La Huella Hídrica tiene tres componentes:

- La huella hídrica azul

Aldaya & Llamas (2012) aseguran que es un indicador del uso consuntivo del agua superficial o subterránea (agua azul), el término “consuntivo” se entiende por “consumo” o la pérdida de agua superficial y subterránea disponible en una cuenca hidrográfica. Las pérdidas se producen cuando el agua: se evapora, se devuelve a otra cuenca o al mar; o se incorpora a un producto. En definitiva, es el volumen de agua dulce superficial o subterránea (río, lago, acuífero) evaporada, incorporada en el producto, retornada a otra cuenca o vertida al mar.

La huella de agua azul guarda un elevado grado de similitud con las cifras de consumo de agua que se encuentran en la planificación hidrológica, a excepción de la desalinización de aguas marinas y otras fuentes de agua no convencionales (Díaz, et al.,2015).

A continuación, se explica cómo se pueden obtener los datos necesarios para el cálculo de huella hídrica azul para procesos industriales.

En una actividad industrial, cada componente de la huella hídrica azul de un proceso se puede medir, directa o indirectamente:

- En general se sabe la cantidad de agua que se incorpora, con el fin de que se convierta en parte del producto.
- El agua que se evapora o se pierde durante el almacenamiento, transporte, proceso de fabricación y tratamiento del agua residual no se suele medir directamente, pero se puede deducir a partir de la diferencia entre el agua captada y los volúmenes de agua residual vertidos.

Debe contabilizarse toda la pérdida de agua en el proceso de perforación, según Gómez & Herbert (2012) se debe tener en cuenta las siguientes causas:

- Arenas superficiales frágiles e inconsolidadas.
- Formaciones cavernosas o fracturadas naturalmente.
- Reservorios depletados o formaciones presionadas sub-normalmente, donde la densidad del lodo supera a la de formación.
- Formaciones que se han debilitado o fracturado por operaciones de perforación incorrectas (Excesiva densidad del lodo, excesiva presión de circulación, presiones de surgencia o incrementos de presión al bajar tubería o al cerrar el pozo).

La huella hídrica azul mide la cantidad de agua disponible que se consume en un determinado período de tiempo, es decir, el agua extraída y que no se devuelve inmediatamente dentro de la misma cuenca. La huella hídrica azul nos da la medida de la cantidad de agua azul disponible que es consumida por el ser humano o por actividades o

procesos. El resto, los flujos de aguas subterráneas y superficial que no se consumen sirven para mantener los ecosistemas que dependen de estos flujos.

Según Hoekstra et al. (2011), la huella hídrica azul ($WF_{proc, blue}$) de un proceso básico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$WF_{proc, blue} = BWE + BWI + LRF \text{ (volumen/tiempo)} \quad (1)$$

Donde:

$WF_{proc, blue}$ = Huella hídrica azul de un proceso

BWE – Blue water evaporation = Agua Evaporada

BWI – Blue water incorporation = Agua incorporada en un producto

LRF – Lost return Flow = Flujo de retorno perdido: El agua que no está disponible para su reutilización dentro de una misma área geográfica, ya que no retorna al mismo cause (cuando se vierte al mar o a otro sistema hídrico) (Natuta & Potosí, 2018).

Nota: La medida de los flujos se hace en unidades de volumen/tiempo

- La huella hídrica verde

Arévalo. *et al.* (2011) aseguran que la huella hídrica verde es un indicador del uso del agua que hace referencia a la precipitación y que no provoque escorrentía o se filtre a las aguas subterráneas, y que se mantenga en el suelo o en su superficie o en la vegetación, es la parte de la precipitación que se evaporará o que transpiran las plantas.

Esta huella hídrica no se tomará en cuenta para esta investigación, debido a las características que la misma posee, y que se refiere al consumo de agua de lluvia

incorporada en el producto y que no se llega a convertir en escorrentía superficial (agua verde), esta huella es especialmente importante en el caso de sectores como la agricultura.

- La huella hídrica gris

Según González et al. (2012) la contaminación de las aguas se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes emitidos en un proceso, teniendo en cuenta las concentraciones de los contaminantes en el medio natural y los estándares de calidad del agua existentes.

Pretende dar una visión del impacto de los vertidos generados sobre los recursos hídricos. Para ello se define como el volumen de agua que hipotéticamente sería necesario utilizar para diluir un vertido hasta las concentraciones de fondo naturales existentes o los valores de calidad del agua existentes (si el vertido no supera los valores de calidad o concentraciones de fondo se considera una devolución normal y no cuenta para la huella).

El concepto de HH gris se ha desarrollado a partir de la aceptación de que la cantidad de contaminación se puede expresar en términos del volumen de agua necesaria para diluir los contaminantes hasta niveles de concentración no perjudiciales (Gonzales *et al.* 2012).

Sin embargo, la huella hídrica gris no debe ser entendida como una dilución de contaminantes, puesto que el objetivo de su cálculo es reducir la emisión de contaminantes y no diluir la cantidad de estos. La huella hídrica gris es un indicador de la contaminación del agua, por lo que cuanto menor sea la contaminación, mejor.

Una huella hídrica gris mayor de cero no implica necesariamente que los estándares de calidad para el agua ambiental se hayan sobrepasado, sino que la capacidad de asimilación

del contaminante en ese cuerpo de agua receptor ha disminuido. La huella hídrica gris se calcula en términos de volumen de agua contaminada, por lo que hay que aclarar que el resultado de la huella hídrica gris no indica directamente el volumen de agua contaminada, ya que no se puede contaminar más agua de la que hay.

Por ello según Hoeskstra, Chapagain & Maya:

- Mientras la HH gris calculada sea menor que la cantidad de agua de la masa de agua receptora, hay agua suficiente en el cauce receptor para diluir la concentración del contaminante vertido por debajo de los estándares de calidad.
- En el caso de que la HH gris calculada sea igual a la cantidad de la masa de agua receptora, entonces la concentración del contaminante coincide con la concentración de los estándares de calidad. Esta concentración es la denominada “carga crítica”, lo que indica que la capacidad de asimilación del contaminante en ese cuerpo de agua ha llegado al máximo y no podría admitir más.

“Cuando la carga contaminante en un cauce alcanza la carga crítica significa que todo el caudal del cauce es precisamente la cantidad de agua necesaria para asimilar ese contaminante, de manera que no se supere la concentración máxima aceptable. En este caso la HH gris coincide con el caudal o la cantidad de agua que tiene la masa de agua receptora”.

- Cuando un vertido tiene una alta carga contaminante puede ocurrir que la HH gris sea mayor que el caudal de la masa de agua receptora. Lo que indica que se supera la capacidad de asimilación del medio receptor. En este caso la HH gris es un indicador de la severidad de la contaminación, expresado como la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar la carga contaminante.

“La HH gris se calcula dividiendo la carga del contaminante vertido por la diferencia entre el estándar de calidad de agua para ese contaminante (concentración máxima aceptable) y la concentración natural de ese contaminante en el cuerpo de agua que la recibe”.

Para el cálculo de la Huella Hídrica Gris se utiliza la siguiente ecuación:

$$WF_{proc,gray} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \text{ (volumen/tiempo)} \quad (2)$$

Siendo:

$WF_{proc,gray}$ = Huella hídrica gris de un proceso

L = Carga del contaminante

C_{max} = Concentración máxima del contaminante que no afecte la calidad del agua

C_{nat} = Concentración natural del contaminante en la fuente hídrica

$$\text{Carga Contaminante (L)} = (Q_{efl} \times C_{efl}) - (Q_{afl} \times C_{afl}) \quad (3)$$

En donde:

L = Carga del contaminante

Q_{efl} = Caudal del Efluente

C_{efl} = Concentración contaminante del efluente

Q_{afl} = Caudal del Afluente - Ingreso

C_{afl} = Concentración natural del contaminante antes de ingresar al proceso

- Huella hídrica total

Para realizar el cálculo de la huella hídrica total se efectúa la sumatoria de los tres componentes esenciales en base a la Ecuación 3 la misma que determina cuál de dichos componentes aportan mayor medida a la huella hídrica de esta investigación, para la cual no se calculará la HH verde debido a que en el proceso de perforación no se consume agua de lluvia, no existe agua que se evapore o evapotranspire por plantas o que se incorpore en el producto.

$$\mathbf{WF = WF_{proc,blue} + WF_{proc,green} + WF_{proc,grey} \quad (4)}$$

Dónde:

WF (Water Footprint) = Huella hídrica

WF_{proc,blue} = Huella hídrica azul de un proceso

WF_{proc,green} = Huella hídrica verde de un proceso

WF_{proc,grey} = Huella hídrica gris de un proceso

- Agua Reciclada y Reutilizada

Los términos de “agua reciclada” y “agua reutilizada” se usan indistintamente, sin embargo, la WFN les diferencia de la siguiente manera:

Agua reciclada se refiere al volumen total de agua que se vuelve a utilizar, en el mismo sitio y para el mismo propósito, puede ser agua reciclada procedente de aguas residuales (tras un tratamiento previo para su reutilización) o agua procedente del agua evaporada (tras pasar un proceso de condensación).

Agua reutilizada se refiere al volumen total de agua que se vuelve a utilizar, pero en otros sitios distintos y para diferentes propósitos.

- Unidades de medida de la Huella Hídrica

La huella hídrica se expresa en términos de volumen de agua por unidad de producto o volumen de agua por unidad de tiempo. En este último caso, depende del nivel de detalle requerido, se puede expresar en día, mes o año (Hoekstra, *et al.*, 2011)

2.2.2 Sostenibilidad de la huella hídrica

Según Hoekstra, *et al.*, 2011 el análisis de sostenibilidad de la huella hídrica consiste en evaluar que tan sostenible es la apropiación del recurso hídrico en ese proceso con la finalidad de conocer cual es la mejor asignación posible del recurso para las personas, los ecosistemas y las actividades económicas. La sostenibilidad posee diferentes dimensiones (ecológica, social y económica), los impactos pueden ser formulados a diferentes niveles (primarios y secundarios), la HH tiene tres componentes (azul, verde y gris) por tanto la sostenibilidad de una HH puede abordarse desde un gran número de puntos de vista distintos.

2.2.2.1 Sostenibilidad Ambiental

Para el análisis de la sostenibilidad ambiental según la metodología del Manual de Evaluación de la Huella Hídrica existen dos criterios fundamentales:

1.- Cumplimiento de los requerimientos de agua del medio ambiente, los flujos de aguas superficiales y subterráneas deberán permanecer dentro de ciertos rangos con respecto a la escorrentía natural. Estos rangos deben garantizar que haya agua suficiente para los ecosistemas y los medios de subsistencia humana de las personas viviendo en el sector y que dependen de estos ecosistemas.

2.- No excedencia de la capacidad de asimilación de contaminantes, este criterio se refiere a que la calidad del agua debe permanecer dentro de ciertos límites, que generalmente están dados por las normas de calidad ambiental.

- Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul

El análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul busca cuantificar la apropiación de agua azul total, es decir, evaluar si la huella hídrica azul excede la disponibilidad de agua azul para el consumo humano y mantenimiento de los ecosistemas aguas abajo, así, la disponibilidad de agua azul (DA_{azul}) en una zona de captación se define como:

$$DA_{azul} = Oferta - Caudal_{Ecológico} \quad (5)$$

En donde:

DA_{azul} = Disponibilidad de Agua

Oferta = Escorrentía Natural

$Caudal_{Ecológico}$ = Caudal mínimo ecológico

$$E_{azul} = HH_{azul} / DA_{azul} \quad (6)$$

El cálculo de E_{azul} o escases de agua azul, permite identificar si existe una situación de insostenibilidad ambiental y así realizar una priorización de esta.

- Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris

Según el Manual de evaluación de huella hídrica (2011) la capacidad de asimilación de una carga de contaminantes dada en una zona de captación va a depender, de la cantidad de escorrentía disponible para asimilar dicha carga.

Cuando la norma de calidad ambiental del cuerpo de agua se viola, la capacidad de asimilación de este cuerpo ha sido agotada. (Hoekstra et al. 2011),

El índice de contaminación del agua se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$NCA = HH_{Gris} / R_{real} \quad (7)$$

En donde:

NCA = Índice de contaminación del agua

HH_{Gris} = Huella Hídrica Gris

R_{real} = Escorrentía Real

Un valor mayor a 1 de NCA indica que la situación es insostenible y que la capacidad asimilativa del río ha sido completamente consumida y aún sobrepasada.

2.2.2.2 Sostenibilidad social de la huella hídrica

El Manual de Evaluación de la Huella Hídrica se explica que, cuando el agua no es usada de manera equitativa en un proceso, la huella hídrica es insostenible.

Una determinada cantidad de agua dulce disponible debe ser asignada a a satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos, se debe garantizar un abastecimiento suficiente de agua para beber, lavar y cocinar; de igual manera debe haber una asignación suficiente de agua destinada a la producción de alimentos, esto implica que solo una parte del agua dulce que queda, tras atender las necesidades de los caudales ambientales y las necesidades humanas básicas, puede ser destinada a bienes o usos de no primera necesidad. (Hoekstra et al. 2011).

2.2.2.3 Sostenibilidad económica de la huella hídrica

El Manual de Evaluación de la Huella Hídrica indica que, cuando el agua no es usada de manera económicamente eficiente en un proceso, la huella hídrica es insostenible. Los beneficios de una huella hídrica resultante de la utilización del agua para un determinado propósito, debe ser superior a los costos totales asociados a dicha huella, caso contrario la huella será insostenible.

Si la huella hídrica no cumple alguno de los criterios de sostenibilidad (ambiental, económica o social), no se puede considerar geográficamente sostenible. (Hoekstra et al. 2011).

2.3 Tratamiento de Líquidos Residuales

2.3.1 Diagrama de Bloques de un Sistema de Tratamiento de Líquidos Residuales

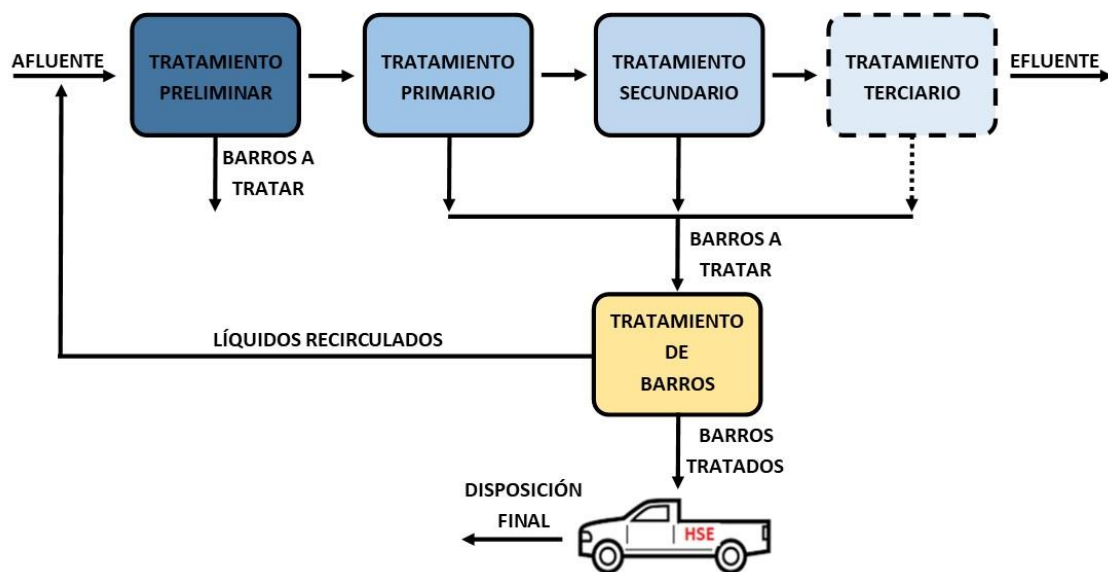


Figura 2. Diagrama de Bloques de un Sistema de Tratamiento de Líquidos Residuales

Fuente: Manual de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Puente, 2001)

- **Tratamiento Preliminar:** Son procesos fisicoquímicos empleados para la separación de sólidos y/o acondicionamiento del líquido residual.

- Rejas
- Desarenador
- Ecuación
- Neutralización
- **Tratamiento Primario:** Son procesos fisicoquímicos empleados para la separación de material sólido en suspensión o líquidos emulsionados.
 - Sedimentación primaria
 - Flotación
- **Tratamiento Secundario:** Son procesos biológicos empleados para degradar la materia orgánica.
 - Lagunas de estabilización: Anaerobias, aerobias, facultativas.
 - Lagunas aireadas: Aerobias, facultativas
 - Barros activados: Mezcla completa, convencional, aireación extendida.
 - Procesos de Película Biológica: Lechos percolados, discos biológicos.
 - Procesos Anaerobios de alta Carga: Manto de barros y flujo ascendente, lecho fijo.
- **Tratamiento Terciario:** Son procesos fisicoquímicos y/o biológicos empleados para:
 - Remoción de Nutrientes
 - Desinfección
- **Tratamiento de Barros:** Son procesos fisicoquímicos y biológicos empleados para acondicionar los barros generados durante el tratamiento del líquido residual.
 - Espesamiento
 - Estabilización: Biológica (Digestor aerobio/anaerobio)
 - Secado o Deshidratación: Natural y Mecánica.

2.4 Marco Legal

La investigación se elaborará aplicando el marco legal de la Constitución Política de la República del Ecuador, leyes orgánicas, código orgánico, normas, reglamentos, ordenanzas y finalmente el Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 que se relacionan con el tema de investigación y se resumen a continuación

2.4.1 Constitución Política del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, (2008). En el Título II – Derechos, dentro del Capítulo Segundo – Derechos del buen vivir:

Sección primera – Agua y alimentación, señala:

Art.12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

Sección segunda – Ambiente sano, señala:

Art.14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Capítulo séptimo – Derechos de la Naturaleza, señala:

Art.71.- “La naturaleza o Pacha mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete íntegramente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda”.

“El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos para que protejan la naturaleza y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema”.

Art. 72.- “La naturaleza tiene derecho a la restauración. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.”

Art. 73.- “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.”

En el Título VII – Régimen del Buen Vivir - Capítulo Segundo – Biodiversidad y Recursos Naturales:

Sección Sexta – Agua, señala:

Art.411.- “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”.

“La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua”.

Art 412.- “La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico”

2.4.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua

El objeto de la presente ley dictada en agosto del año 2014 es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la constitución.

En el Título III – Derechos, Garantías y Obligaciones, Capítulo VII – Obligaciones del Estado para el Derecho Humano al Agua – Sección Segunda, De los Usos del Agua, se establece que:

Art 87.- Tipos y Plazos de Autorizaciones. El otorgamiento, suspensión o cancelación de las autorizaciones es competencia de la Autoridad Única del Agua.

Art 89.- Autorización de uso. El uso del agua contará con la respectiva autorización otorgada de conformidad con esta Ley, su Reglamento y la Planificación hídrica.

En el Título IV – Aprovechamiento del agua, Capítulo I – De los tipos de aprovechamiento productivo – Sección segunda, Aprovechamiento Energético e Industrial, se establece que

Art. 107.- “Para toda actividad industrial en la que se utilice agua de fuentes hídricas, se solicitará la autorización de aprovechamiento productivo a la Autoridad Única del Agua, las aguas destinadas para el aprovechamiento industrial, una vez utilizadas, serán descargadas por el usuario, previo su tratamiento, cumpliendo con los parámetros técnicos que dicte la Autoridad Ambiental Nacional”

2.4.3 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Art.6.- “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.”

2.4.4 Ley de Aguas

Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de mayo del 2004.

Art. 2.- “Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las subterráneas, afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación.”

Art. 7.- “La concesión de un derecho de aprovechamiento de aguas, estará condicionado a las disponibilidades del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destina.”

Art. 16.- “Son obras de carácter nacional la conservación, preservación e incremento de los recursos hidrológicos.”

“Las concesiones y planes de manejo de las fuentes y cuencas hídricas deben contemplar los aspectos culturales relacionados a ellas, de las poblaciones indígenas y locales.”

Art. 22.- “Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.”

Art. 62.- “Ningún propietario de tierras podrá oponerse a que en las márgenes de los ríos y demás álveos naturales se realicen obras de defensa para proteger de la acción de las aguas a otros predios o bienes.”

Art. 100.- “Es obligatorio para todos los usuarios de aguas registrar en el Consejo Nacional de Recursos Hídricos el aprovechamiento de ellas, con determinación de la fuente de captación y del caudal que les corresponda.”

2.4.5 Ley de Minería

La Ley de Minería en el Título III – Derechos de Los Titulares De Concesiones Mineras, Capítulo I – De Los Derechos en General, establece que:

Art. 60.- “Aprovechamiento del Agua y Constitución de Servidumbres. - La ejecución de actividades mineras en general y la autorización para la operación de plantas de beneficio, fundición y refinación requieren el permiso de la autoridad única del agua, para el aprovechamiento económico del agua y podrán solicitar las servidumbres que fueren necesarias de acuerdo con los procedimientos establecidos en la ley que regule los recursos hídricos.”

Art. 61.- “Autorización para el aprovechamiento del agua. - Los concesionarios mineros que obtengan el permiso para el aprovechamiento de la autoridad única del agua deberán presentar ante el Ministerio Sectorial el estudio técnico que justifique la idoneidad de los trabajos a realizarse y que han sido aprobados por la autoridad de aguas competente. Las aguas alumbradas durante las labores mineras podrán ser usadas por el concesionario minero, previa autorización de la autoridad única del agua, con la obligación de descargarlas, observando los requisitos, límites permisibles y parámetros técnicos establecidos en la legislación ambiental aplicable.”

En el Título IV – De Las Obligaciones de los Titulares Mineros – Capítulo II, De la Prevención del Medio Ambiente, establece que:

Art. 79.- “Tratamiento de Aguas.- Los titulares de derechos mineros y mineros artesanales que, previa autorización de la autoridad única del agua, utilicen aguas para sus trabajos y procesos, deben devolverlas al cauce original del río o a la cuenca del lago o laguna de donde fueron tomadas, libres de contaminación o cumpliendo los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental y del agua vigentes, con el fin de que no se afecte al derecho de las personas y de la naturaleza reconocidos constitucionalmente.”

“El tratamiento a darse a las aguas para garantizar su calidad y la observancia de los parámetros de calidad ambiental correspondientes, deberá preverse en el respectivo sistema de manejo ambiental, con observancia de lo previsto en las leyes pertinentes y sus reglamentos.”

“La reutilización del agua, a través de sistemas de recirculación es una obligación permanente de los concesionarios.”

“El incumplimiento de esta disposición ocasionará sanciones que pueden llegar a la caducidad de la concesión o permiso.”

2.4.6 Código Orgánico del Ambiente (COA)

En el Libro Tercero, De la Calidad Ambiental - Título II – Sistema Único de Manejo Ambiental – Capítulo I – Del régimen Institucional, establece que:

Art. 160.- “El sistema único de Manejo Ambiental determinará y regulará los principios, normas, procedimientos y mecanismos para la prevención, control seguimiento y reparación de la contaminación”

En el Título II – Sistema único de Manejo Ambiental, Capítulo V – Calidad de los Componentes Abióticos y Estado de los Componentes Bióticos establece que:

Art. 190.- De la Calidad Ambiental para el Funcionamiento de los Ecosistemas.

“Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración”

Art.191.- “Del Monitoreo de la Calidad del Aire, Agua y Suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.”

En el Título III, Control y Seguimiento Ambiental – Capítulo IV – De Monitoreo y Seguimiento:

Art. 208.- “Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental”

Art. 209.- “La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán del muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos.”

Art. 210.- “*Información de resultados de muestreo.* Cuando la Autoridad Ambiental Competente realice muestreos para el control de una emisión, descarga o vertido deberá informar sobre los resultados obtenidos al operador, en conjunto con las observaciones técnicas que correspondan”

2.4.7 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) (2015), tiene como objeto la prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

TULSMA Recurso Agua - Libro VI - Anexo 1, manifiesta:

Principios Básicos:

Para el control de la contaminación de los cuerpos de agua de cualquier tipo, de acuerdo a la actividad regulada, el Sujeto de Control debe entre otras realizar las siguientes actividades: desarrollo del Plan de Manejo Ambiental, en el que se incluya el tratamiento de sus efluentes previo a la descarga, actividades de control de la contaminación por escorrentía pluvial, y demás actividades que permitan prevenir y controlar posibles impactos ambientales. Adicionalmente la Autoridad Ambiental podrá solicitar al regulado el monitoreo de la calidad del cuerpo de agua.

Clasificación:

- Criterios de calidad de aguas para sus distintos usos.
- Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.

Normas generales de descarga de efluentes:

- Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce o agua marina
- Permisos de descarga
- Parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.

En la Anexo N° 1 se muestra los límites máximos permisibles que emite el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (2015).

2.4.8 Plan Nacional del Buen Vivir

Con el fin de dar cumplimiento al plan nacional del buen vivir, donde se encuentra el objetivo 3, que indica el mejorar la calidad de vida de la población. Entre los derechos para mejorar la calidad de vida se incluyen el acceso al agua y a la alimentación (art. 12), a vivir en un ambiente sano (art. 14), a un hábitat seguro y saludable.

La calidad de vida se enmarca en el régimen del Buen Vivir, establecido en la Constitución, dentro del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social (art. 340), para la garantía de servicios sociales de calidad en los ámbitos de salud, hábitat y vivienda.

Garantizar el acceso universal, permanente, sostenible y con calidad a agua segura y a servicios básicos de saneamiento, con pertinencia territorial, ambiental, social y cultural.

Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global

Con la Constitución de 2008, Ecuador asume el liderazgo mundial en el reconocimiento de los derechos de la naturaleza, como una respuesta contundente a su estado actual, orientando sus esfuerzos al respeto integral de su existencia, a su mantenimiento y a la regeneración de sus ciclos vitales y procesos evolutivos.

CAPÍTULO III

3 Marco metodológico

3.1 Descripción del Área de Estudio

El área de estudio está ubicada en la concesión minera Cascabel que mediante escritura pública el 27 de julio del 2011, la empresa Santa Bárbara Copper & Gold S.A, realiza el cambio de denominación a Exploraciones Novomining S.A (ENSA), obteniendo el título de la concesión minera “Cascabel”, código 402288, es un pórfido de cobre y oro ubicado en el noroeste de Ecuador a cuatro horas en automóvil al norte de la capital del Ecuador, Quito. La zona climática es la sabana tropical y la vegetación es un bosque tropical con un horizonte de suelo bien desarrollado, la topografía se eleva desde los 900 metros a los 1600 metros sobre el nivel del mar con paisaje moderado y escarpado.

El proyecto Cascabel cuenta con la Licencia Ambiental, emitida por el Ministerio del Ambiente mediante la resolución 618 el 23 de agosto del 2013; para la fase de exploración avanzada; de acuerdo con la Ley de Minería vigente, es necesario cumplir con los artículos 60, 61 y 79 que se refiere al uso de agua, el mismo que se encuentra codificado en la Ley Orgánica de recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua vigente, en los artículos, 87,88 y 89.

La concesión minera Cascabel cubre una extensión de 4979 hectáreas (ha), de las cuales aproximadamente 2189.5 ha, corresponden al área de exploración avanzada. La concesión minera no intercepta con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Bosques y Vegetación Protectores, como así lo establece el certificado de intersección obtenido en el Ministerio del Ambiente.

Actualmente ENSA, se encuentra desarrollando actividades para exploración avanzada, cuenta con áreas operativas para los sitios de perforación que están conformadas por plataformas, pozos o taladros de perforación y cuenta con dos campamentos para soporte técnico.

3.1.1 Ubicación política del proyecto minero Cascabel

Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquias: Lita y La Carolina
Sector: Comunidad de Santa Cecilia

3.1.2 Ubicación Geográfica

La ubicación ecológica del área de estudio o proyecto minero Cascabel es:

Altitud: Entre los 900 a 1600 msnm.
Temperatura media: 24°C.
Precipitación anual: 1537.5 mm.
Región: Sierra
Zona ecológica: Bosque Húmedo Montano Bajo

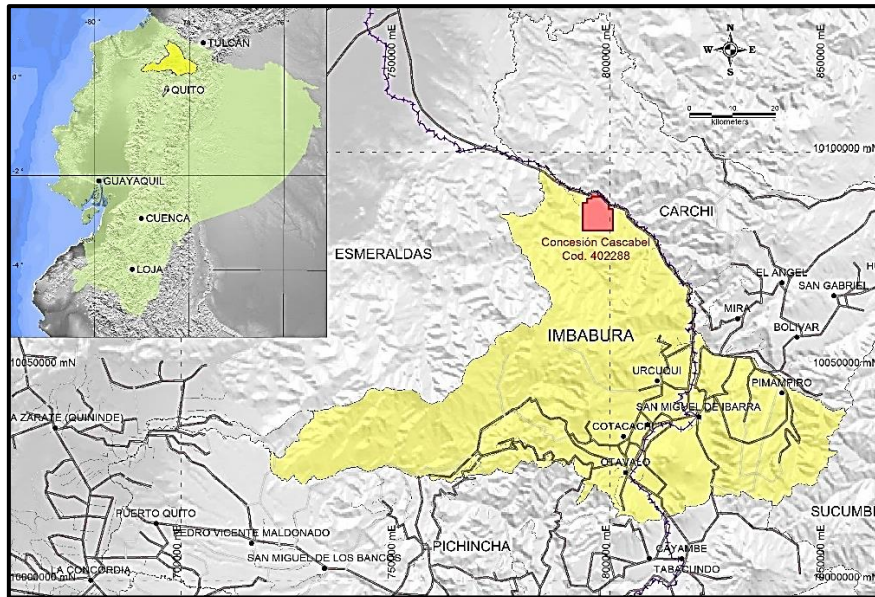


Figura 3. Ubicación del área de estudio Proyecto Minero Cascabel

3.1.3 Factores bióticos y abióticos

Según los datos obtenidos del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración Minera Cascabel, los factores bióticos y abióticos más importantes dentro del área de concesión son los siguientes:

3.1.3.1 Vegetación

La vegetación secundaria constituye un tipo de vegetación que se ha desarrollado luego de una alteración causada, ya sea por el ser humano o por procesos naturales. Sin embargo, el término usualmente implica, las alteraciones hechas por el ser humano, incluyendo la tala y limpieza de la vegetación natural. (ENTRIX, 2013)

Dentro del área Cascabel, este tipo de vegetación se presenta asociada con vegetación poco intervenida, pastos y cultivos.

3.1.3.2 **Vegetación Natural Poco Intervenida (B1)**

La vegetación natural responde a una relación directa con los diferentes pisos altitudinales presentes en el área de estudio. De manera general se puede decir que, en las partes medias y bajas de la concesión minera, la vegetación natural se encuentra muy reducida, debido a la alta intervención antrópica, ya que ha sido objeto de utilización desde hace mucho tiempo y gran parte del área natural ha sido reemplazada por las actividades agrícolas y pecuarias; por otra parte, las tierras altas e inaccesibles son las que mantienen aún remanentes importantes de vegetación natural, sea de tipo arbustivo o arbóreo.

3.1.3.3 **Pastos (P)**

Los pastos son áreas cubiertas por especies de carácter herbáceo, introducidos por el hombre para el desarrollo de actividades agropecuarias. Este tipo de uso es más marcado en los sectores cercanos a los centros poblados, aunque en los últimos años se ha observado una mayor presencia en los sectores montañosos, donde cada vez se van ampliando pequeñas fincas ganaderas.

3.1.3.4 **Cultivos (C)**

Ocupan áreas donde el agricultor, en su tiempo, degradó el bosque natural y mediante procesos de tala y tumba ha ido creando agrosistemas de cultivos formado por cultivos de algunas gramíneas, hortalizas y algunos frutales, para el autoconsumo y/o venta. Cabe recalcar que en la zona de estudio existen grandes extensiones de Cabuya y Naranjilla. Ocupa sectores, en combinación de usos de pastos, que representan el mayor porcentaje del área alterada antrópicamente.

3.1.3.5 **Clima**

El clima de la región está determinado por la tendencia de factores meteorológicos, cuya variación depende de la ubicación geográfica, la topografía, el tipo de cobertura vegetal y la época del año, variables que caracterizan la climatología de la región.

La zona climática es la sabana tropical y la vegetación es un bosque tropical con un horizonte de suelo bien desarrollado.

3.1.3.6 **Temperatura**

En las micro-cuencas de estudio no hay estaciones meteorológicas, por tanto, nos referimos a la más cerca que es la estación M0106 Lita, estación climatológica ordinaria donde la temperatura media fluctúa entre los 21° C hasta los 23° C. Teniendo temperaturas mínimas que se registran con valores de 21° C y máximas de 25° C. Ver el

3.1.3.7 **Precipitación**

La precipitación anual en el área ocupada por la concesión se presenta de forma general en el orden de los 1.750 hasta mm. El régimen pluviométrico se mantiene con variaciones milimétricas durante todo el año. Se registra un periodo con mayor precipitación que va de diciembre a abril, excepto enero que está apenas sobre la media de acuerdo con los registros de la Estación Meteorológica de Mira.

La mayoría índice de pluviosidad en la zona se registra en los meses de diciembre y marzo con un promedio de 219,5 y 217,2 mm de precipitación respectivamente, mientras que los meses con bajos índices registrados son junio, julio y agosto. La precipitación media, dentro del período de análisis en la Estación H103-Mira es de 128,1mm y totales pluviométricos anuales de 1.537,5.

3.2 Diseño y tipo de investigación

Para el presente trabajo se realizó una investigación del tipo empírico inductivo, con enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y de campo lo que permitirá obtener información específica respecto a los problemas y lograr describir sus variables con precisión, identificar propiedades, características y rasgos prescindibles, el diseño es documental y de campo, mediante la observación directa, entrevistas y el uso de registros. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.3 Procedimiento de investigación

Para la evaluación de la huella hídrica se utilizará la metodología desarrollada por el investigador holandés Arjen Hoekstra (2011) y su equipo de colaboradores de la Universidad de Twente.

Basado en el procedimiento de esta metodología se ha considerado tres fases de investigación:

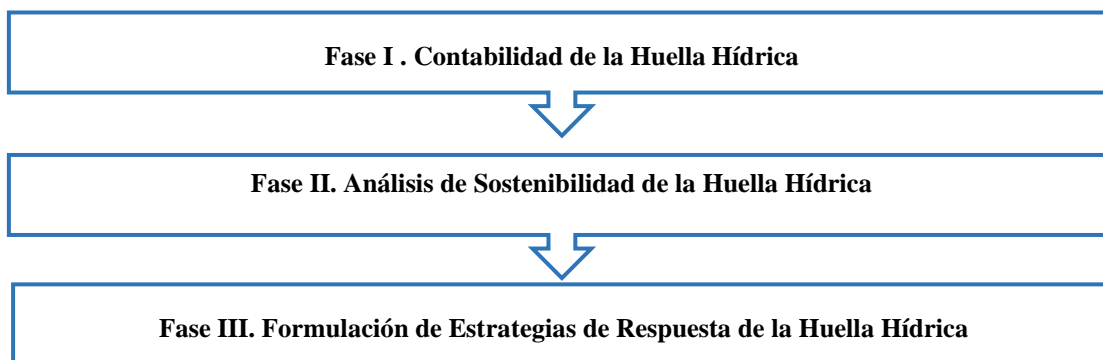


Figura 4. Fases de la Investigación

Fuente: (Hoekstra, Chapagain, & Maya, 2011)

3.3.1 Fase I Contabilidad de la huella hídrica azul y gris en taladros de perforación

En esta fase se cumple con el primer objetivo específico de la investigación el cual es; calcular la huella hídrica azul y gris en los taladros de perforación, ajustada de acuerdo con el Water Footprint Assessment Manual (Hoeskstra, Chapagain, & Maya, 2011).

Previo al comienzo de la fase de contabilidad se ha determinado el límite de quince meses para la realización de la investigación, período en el cual, mediante la observación directa, entrevistas y el uso de registros; se analizará el uso consuntivo del agua o contabilización de la huella hídrica azul y el análisis de contaminación del agua o cálculo de huella hídrica gris.

Para cumplir esta fase o primer objetivo de la investigación se realizó primeramente la georreferenciación de los puntos de captación de agua y localización geográfica de los ocho taladros de perforación con el uso de un navegador GPS para la obtención de coordenadas en proyección UTM, Datum WGS 84, Zona 17 Sur, de igual forma se procedió a la caracterización de las actividades que se desarrollan en los taladros de perforación y en el proceso de tratamiento de agua residual o de los efluentes que serán devueltos a las quebradas y vertientes naturales luego de su uso en la perforación.

La huella hídrica verde no se tomará en cuenta para esta investigación, debido a las características que la misma posee y que se refiere al consumo de agua de lluvia incorporada en el producto y que no se llega a convertir en escorrentía superficial (agua verde), esta huella es especialmente importante en el caso de sectores como la agricultura.

3.3.1.1 Evaluación de la huella hídrica azul (HHa)

Para la evaluación de la Huella Hídrica Azul (HHa) se realizó el registro de datos de volúmenes de agua de forma diaria durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2018 en 8 taladros de perforación que realizaron un total de 46 sondajes o pozos, los taladros pertenecen a la empresa Hubbart Perforaciones (HP).

Para obtener los datos del volumen de agua en m³ del afluyente que ingresa al sistema de perforación se utilizaron medidores de caudal instalados a la entrada del sistema.

Una vez contabilizada la huella hídrica azul del proceso de perforación se plantearán o no recomendaciones para la optimización del recurso.

3.3.1.2 Evaluación de la huella hídrica gris (HHg).

Para la evaluación de la Huella Hídrica Gris (HHg), se realizó el análisis de la calidad de los efluentes luego de su tratamiento químico, que para ser regresados a su cauce normal deben permanecer dentro de ciertos parámetros de calidad de descarga que están establecidos en el Plan de Manejo Ambiental y que se tabulan en función de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes a un cuerpo de agua dulce, de la Tabla 10 Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA – AM 097A), que comprende la toma de muestras y los análisis físico-químicos y microbiológicos en laboratorio del agua utilizada en el proceso correspondientes a los meses de febrero, abril, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2018; en donde se analizaron los siguientes parámetros: pH; Conductividad; Aceites y Grasas; DQO; Hidrocarburos Totales de Petróleo; Sólidos Totales; y, Cloruros (Concordancia con el Art. 85 RAAM), los parámetros seleccionados

están en función del análisis CRETIB realizado por el laboratorio Gruntec Environmental Services a los lodos de perforación y que determinaron que no existen compuestos que puedan catalogarse como peligrosos; los análisis físico-químicos fueron realizados igualmente por Gruntec Environment Services, laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), el cual conjuntamente con los técnicos del área de seguridad salud y medio ambiente del proyecto están encargados de realizar el protocolo de muestreo y la cadena de custodia correspondiente (Anexo 2).

También se llevaron a cabo entrevistas dirigidas a los técnicos responsables de cada área y actividad, las entrevistas se dividieron en dos fases: la fase uno de correspondencia, donde se tuvo un encuentro directo con el entrevistado para la recopilación de datos y el registro de la información; y la fase dos, de análisis, donde se estudió detenidamente cada entrevista y se procedió a la recopilación de la información para análisis posteriores (Robles, 2011). Toda la información obtenida de los entrevistados será confirmada con las visitas de campo a los taladros de perforación y fosas de tratamiento de agua.

3.3.2 Fase II Evaluación y análisis de la sostenibilidad de la huella hídrica

En esta fase se evaluó que tan sostenible es el uso del recurso hídrico en los taladros de perforación y cuál es su efecto en las personas, los ecosistemas y en la actividad económica, para lo cual se procedió a evaluar la sostenibilidad ecológica, económica y social de la huella hídrica azul y gris, de los taladros de perforación.

Para la evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica se tomó una resolución espacial y temporal, de 8 taladros de perforación en un tiempo de doce meses.

Según *Hoekstra 2011* la sostenibilidad de la huella hídrica de un proceso específico depende de dos criterios básicos:

- La HH de un proceso es insostenible si el proceso se encuentra situado en una cuenca, en un cierto período del año, en el cual la HH total es insostenible.
- La HH de un proceso es sostenible a si misma cuando la HH azul y/o gris del proceso pueden reducirse o evitarse totalmente (Hoeskstra, Chapagain, & Maya, 2011)

Los criterios que se tomarán en cuenta para desarrollar los análisis de sostenibilidad son los siguientes:

3.3.2.1 Criterios de sostenibilidad ambiental

- La calidad de las aguas debe permanecer dentro de unos ciertos límites, en este caso como indicador se utilizarán los valores obtenidos de la HH gris y comparados con los establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Anexo 1 del libro VI del TULSMA. (Anexo N° 1).
- Los flujos de agua superficiales y subterráneos deben permanecer dentro de ciertos límites (Caudal Ecológico) de manera que se puedan mantener los: ecosistemas y las condiciones de vida de las poblaciones que dependen de los ecosistemas, como indicador se utilizará los resultados obtenidos de la HH azul (Hoeskstra, Chapagain, & Maya, 2011)

3.3.2.2 Criterios de sostenibilidad social

Una cantidad determinada de agua dulce disponible debe ser asignada a satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos (Hoeskstra, Chapagain, & Maya, 2011):

- Se debe garantizar un abastecimiento suficiente de agua para beber, lavar, cocinar y para la producción de alimentos en las áreas de influencia directa del proyecto,

en este caso como indicador se utilizarán los datos obtenidos de HH Azul y HH gris respectivamente.

3.3.2.3 Criterios de sostenibilidad económica

El agua debe ser asignada y usada de un modo económicamente eficiente. Los beneficios de la HH azul y/o gris resultantes de la utilización del agua para un determinado propósito, deben ser superiores a los costos totales asociados a dicha HH, caso contrario la HH será insostenible (Hoeskstra, Chapagain, & Maya, 2011).

Para este criterio se utilizará como indicador los costos directos e indirectos del proceso de perforación, del análisis físico/químico y tratamiento del agua.

3.3.3 Fase III Diseño de estrategias que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico en taladros de perforación del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel en la Provincia de Imbabura

En esta fase con base en los resultados obtenidos en los objetivos uno y dos, se diseñaron y formularon estrategias, las mismas que están enfocadas a incrementar la eficiencia en el uso, manejo y tratamiento del agua para la protección del ecosistema más no en la reducción del consumo volumétrico del agua por unidad de tiempo.

3.4 Consideraciones bioéticas

La presente investigación se realizará considerando siempre los principios bioéticos de beneficencia y no de maleficencia y autonomía, este último principio implica que la misma se llevó a cabo previo consentimiento libre, expreso e informado de los directivos de la empresa minera Exploraciones Novomining S.A. – ENSA.

A los técnicos participantes de la investigación, se les comunicó de manera oral, los aspectos más relevantes de la misma: objetivos, procedimientos, importancia de la participación, tiempo de duración, leyes, códigos y normas que lo amparan, carácter voluntario en la participación, y beneficios. Asimismo, se tramitaron todos los permisos respectivos para tener acceso al sitio de estudio y se mantiene reserva y el anonimato de los involucrados.

CAPÍTULO IV

4 Resultados y propuesta

En este capítulo se describen los resultados obtenidos de acuerdo con cada uno de los objetivos específicos propuestos y divididos en tres fases: el uso consuntivo del agua o contabilidad de la huella hídrica azul y gris, análisis de sostenibilidad de la huella hídrica y finalmente la formulación de estrategias de respuesta de la huella hídrica en taladros de perforación de la industria minera.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada una de las fases propuestas en esta investigación

4.1 Contabilidad de la Huella Hídrica

Se inició esta fase con la georreferenciación de los puntos de captación de agua y de los ocho taladros de perforación del proyecto minero Cascabel, en la tabla 1. se pueden apreciar los puntos de captación adjudicados por la SENAGUA y en las figuras 5 y 6 se puede observar la ubicación de los puntos de captación y taladros de perforación.

Tabla 1. Puntos de Captación Autorizados, Caudal Natural, Caudal Ecológico

Coordenadas WGS84/17		Nombre de la Fuente de Abastecimiento	Cota msnm	Caudal Natural (l/s)	Caudal Ecológico (l/s)	Caudal Adjudicado (l/s)	Descripción
X	Y						
798652	83856	Quebrada Parambas	1536	23,87	2,4	1,5	
796870	86529	Quebrada América	1165	19,88	1,6	1,5	
797052	87306	Río Parambas	1052	735,35	73,5	1,5	
796669	83257	Quebrada El Carmen	1505	64,85	6,5	1,5	
797723	82092	Río Cristal	1593	573,09	57,3	1,5	
797648	82574	Quebrada Malte	1662	25,89	2,6	1,5	
797102	82903	Quebrada Alpala	1621	67,73	6,8	1,5	Captación Autorizada para Uso Industrial (Actividades de Exploración Minera)

Fuente: Autorización de uso y aprovechamiento de agua DHM-002-2017 – (Senagua, 2017)

En el cuadro anterior se puede observar los puntos de captación, caudal ecológico y caudal adjudicado previo al otorgamiento de la “Concesión Temporal Para el Uso de Aguas en las Actividades de Exploración en la Concesión Minera Cascabel” por parte de la Secretaría Nacional de Agua (SENAGUA) (Senagua, 2017), con el N° DHM-002-2017 del mes de Agosto 2017, donde se autoriza la captación de 1.5 l/s de las quebradas: Parambas, América, río Parambas, El Carmen, Malte, Río Cristal y Alpala para el uso industrial en actividades de exploración minera.

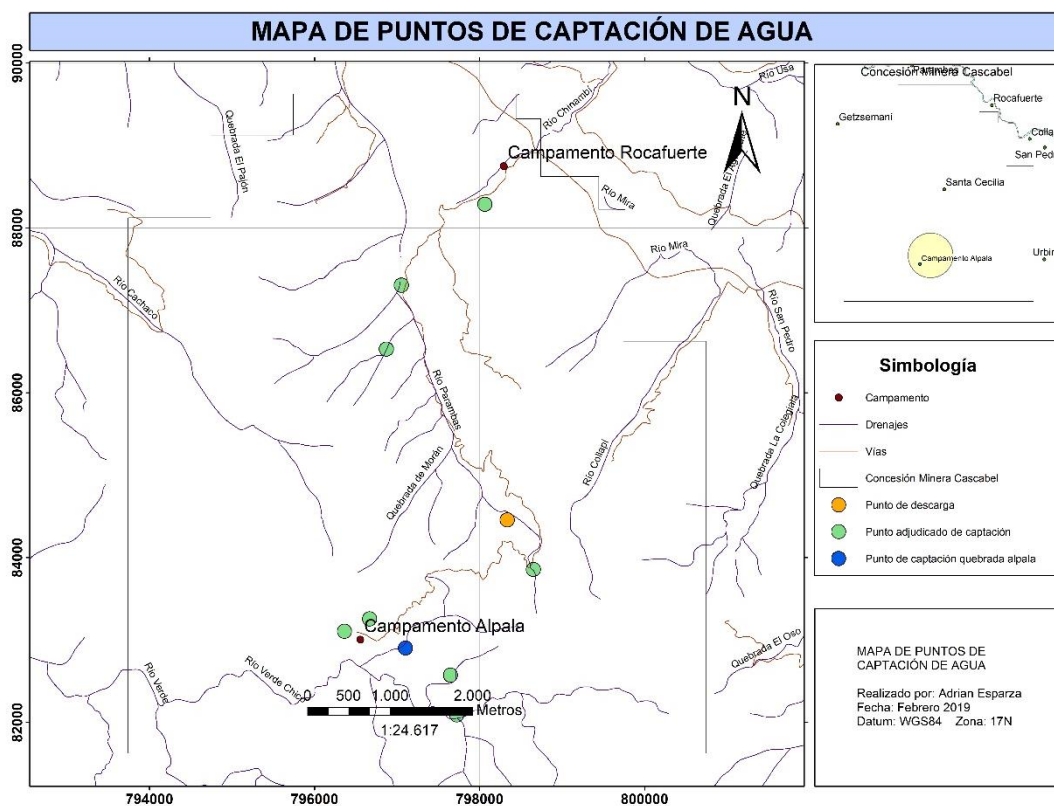


Figura 5. Mapa de Georreferenciación de Puntos de Captación de Agua

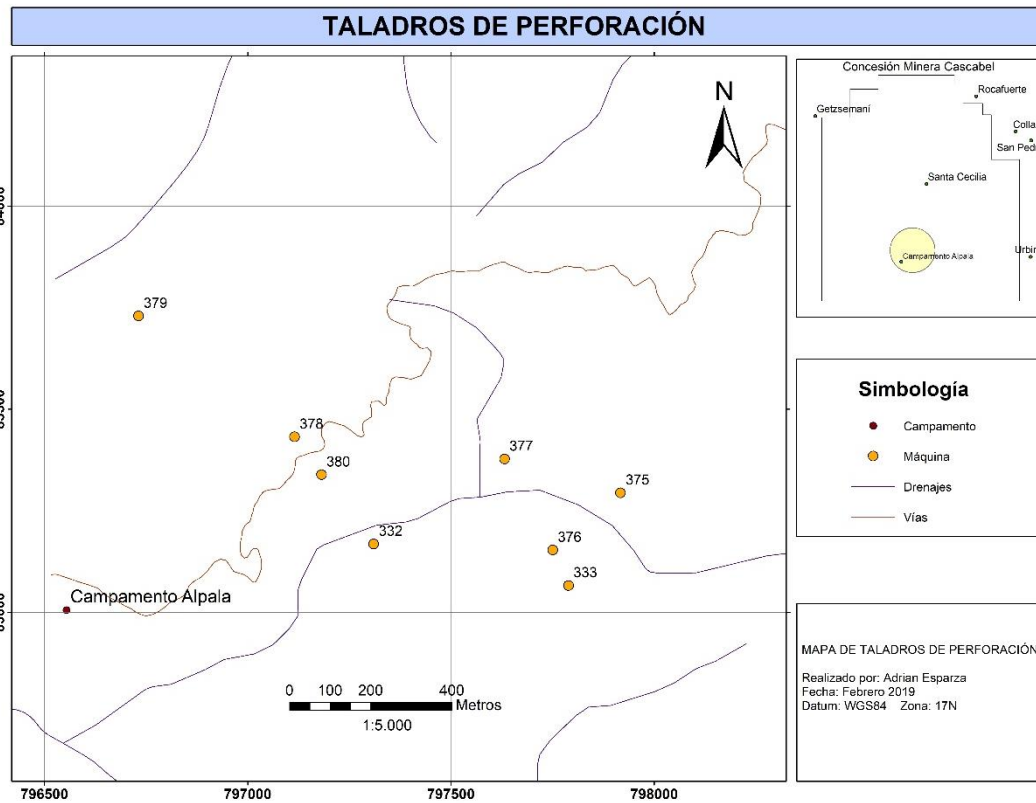


Figura 6. Mapa de Georreferenciación de Taladros de Perforación

Se realizó la caracterización de las actividades que se desarrollan en los taladros de perforación del proyecto de Exploración Minero Cascabel entrevistando al personal de operación de taladros y al personal técnico del área de salud, seguridad y medio ambiente de Exploraciones Novomining SA (Anexo 3).

4.1.1 Caracterización de las actividades y procesos del taladro de perforación

Las actividades y procesos de perforación están a cargo de la Empresa Hubbart Perforaciones (Hubbard Drilling HP).

A continuación, en la Figura 7 se detallan las partes de las que está constituido un taladro de perforación a Diamantina.

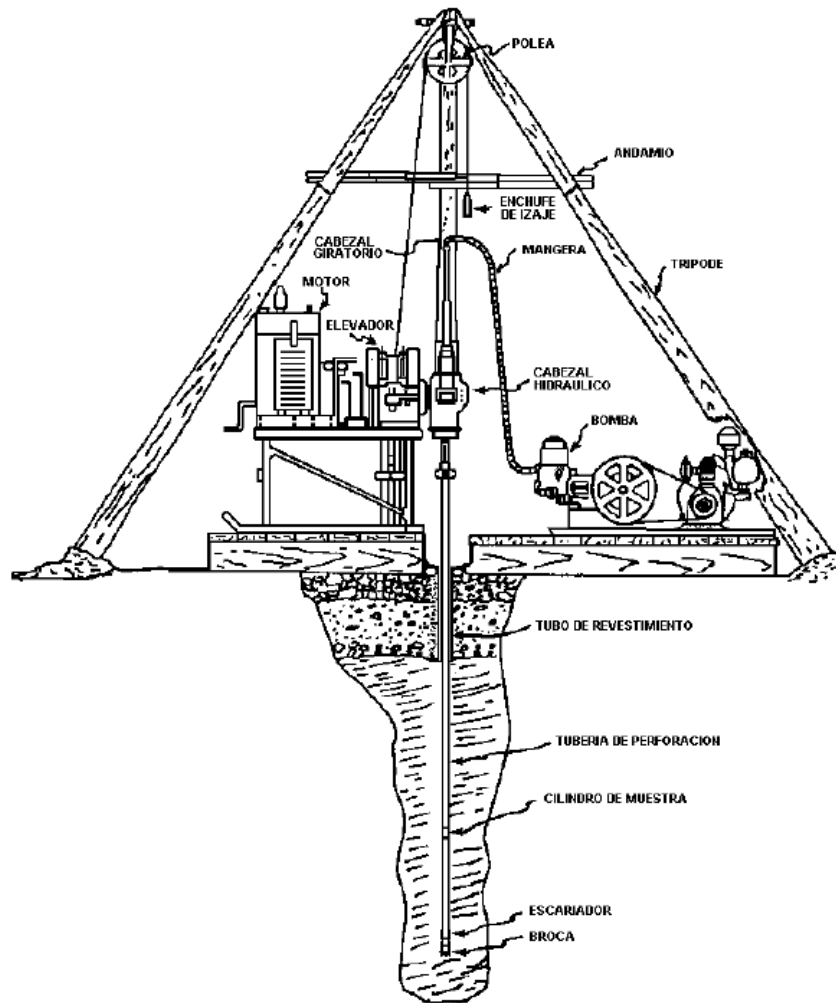


Figura 7. Partes de un Taladro de Perforación

Fuente: Hubbard Perforaciones (2018)

Los equipos de perforación se encuentran instalados sobre plataformas totalmente niveladas y sin material suelto lo que facilita el normal desplazamiento de las personas, equipos y maquinaria.

Al momento de instalar los taladros en el punto o target a perforar, se colocan debajo de estos una geomembrana que cubre completamente la zona inferior del taladro, con la finalidad de evitar la contaminación por derrames de aceites, grasas o aditivos, la geomembrana sobresale aproximadamente 1 metro hacia los 4 lados del taladro, como precaución en el evento que reviente alguna de las mangueras hidráulicas, aire o lodo.

Además, se tiene instalado materiales de polietileno bajo los contenedores o tarros de aceite, grasa y diésel para evitar contaminación por combustibles o lubricantes.

El desbroce de vegetación y afectación al suelo para la instalación de las plataformas donde se realizan los trabajos está limitado a 400 m² (en los cuales se dispondrán los equipos de perforación; gestión de combustibles; gestión de efluentes, gestión de desechos sólidos / semisólidos; letrina; bodega; comedor), en concordancia con el Art. 61 del Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM).

Los taladros de perforación una vez nivelados, están asentados sobre vigas de madera de aproximadamente a cuatro pulgadas de espesor, con el objeto de evitar que éstos se hundan y provoquen una desnivelación del equipo de perforación.

La perforación a diamantina utiliza un cabezal o broca diamantada, que rota en el extremo de las barras de perforación, la abertura en el extremo de la broca diamantada permite cortar un testigo sólido de roca que se desplaza hacia arriba en la tubería de perforación y se recupera luego en la superficie.

El cabezal diamantado gira lentamente con suave presión mientras se lubrica con agua para evitar el sobrecalentamiento. La profundidad de perforación se estima manteniendo la cuenta del número de barras de perforación que se han insertado en la perforación.

El perforador escucha la máquina de perforación con mucho cuidado para evaluar la condición del sondaje abajo y ajusta la velocidad de rotación, la presión y la circulación de agua para diferentes tipos de roca y las condiciones de perforación con el fin de evitar

problemas, tales como que quede la broca atascada o recalentamiento del cabezal diamantado.

Las rocas muy fracturadas además del riesgo que las barras se atasquen pueden dejar escapar el agua, con el consiguiente recalentamiento de la broca. El problema se reduce al mínimo mediante la inyección de “fluido de perforación” para "tapar" las fracturas y evitar la fuga de fluidos.

Dentro de la tubería de perforación existe otro tubo interno, que tiene un mecanismo de cierre conectado a un cable de acero. Al final de cada serie de 3 metros, el cable se utiliza para izar el tubo que contiene el testigo de roca a la superficie donde se puede recuperar. El testigo se almacena en cajas especialmente diseñadas que contienen compartimentos para mantener secciones del testigo.

El testigo de perforación se coloca en una canaleta receptora que se encuentra a un costado de la máquina para lavar el testigo y este sea mapeado sin dificultad por un geólogo calificado. El testigo pasa por un proceso de regularización, donde el perforista marca cada uno de los metros perforados en la roca. Posterior a este proceso el testigo pasa a la etapa de muestreo, donde se asignan los tramos donde se generará el corte de cada muestra, es decir, el soporte muestral, luego el testigo se parte por la mitad para obtener una muestra para los análisis geoquímicos, la mitad que no se analiza se conserva para el respaldo geológico.

A continuación, en el flujograma de la plataforma de perforación se detalla el uso del agua en las diferentes actividades y etapas del proceso de perforación.

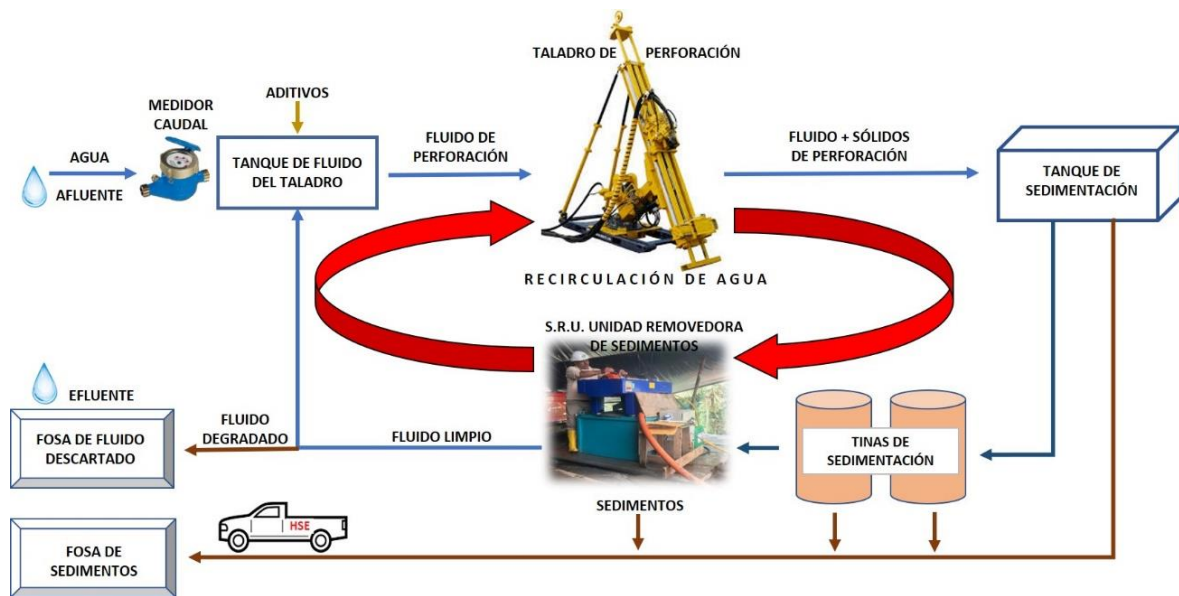


Figura 8. Diagrama de flujo de las actividades desarrolladas en una Plataforma o Taladro de Perforación

Fuente: Departamento de Seguridad Salud y Ambiente de ENSA (2018)

4.1.1.1 Proceso de toma de agua

Según la georreferenciación se determinó que el agua utilizada para abastecer a los taladros de perforación utilizados para esta investigación proviene de la quebrada Alpala con coordenadas geográficas Latitud: 82903 mN, Longitud: 797102 mE, cota 1621 msnm, con un caudal adjudicado de 1,50 l/s para uso industrial. Los otros seis puntos de captación existentes serán utilizados en el caso de que los sondajes y la ubicación de nuevos puntos de perforación así lo requieran.

Para la toma del agua, las mangueras de abastecimiento se encuentran ubicadas elevadas respecto al fondo, con la finalidad de evitar el bombeo de sedimentos depositados, de igual forma se encuentra colocada una malla en la toma para evitar afectar a la fauna macrobentónica.

Dentro del plan de perforaciones no se requiere construir ningún tipo de infraestructura permanente en los sitios de captación ni conducción.

La captación, conducción y almacenamiento son necesarias y forzosas por los terrenos de los señores propietarios de los predios, por lo que con la concesión del uso del agua se concede también el establecimiento de las servidumbres de los propietarios, previa a la socialización y acuerdos de cooperación mutua.

Los caudales por captarse no deben afectar los caudales ecológicos en el sitio de la toma.

4.1.1.2 Proceso de preparación de fluido de perforación.

El fluido de perforación, lodo o aditivo permite enfriar la sonda (barras, coronas, etc.), sostener las paredes del pozo y elevar los detritos de perforación y sacarlos fuera del pozo, estos son por lo general suspensiones coloidales en base a arcillas naturales y biodegradables.

Los aditivos utilizados para la preparación del fluido de perforación son los siguientes:

Tabla 2. Aditivos para la preparación de fluido de perforación

Aditivo	Función en el Taladro
Water Treatment	Elevar el pH y bajar la dureza total del agua
AMC Gel (Bentonita)	Viscosificador y formador de pared
EZZE PAC R	Controlador de filtrado
Xan Bore	Viscosificador
Cydrill 4000 0 CR 650 (phpa)	Encapsulador de arcillas y viscosificador
Torque Guard	Lubricante de la broca y sarta de perforación
AMC 117	Inhibidor de arcilla
Tube Lube	Jabón para la zapata
Magma Fiber	Obturador de grietas para recuperar el retorno
AMC Plug	Obturador de grietas para recuperar el retorno
Rod Grease Xtra tacky	Grasa para la tubería
Residrill	Mejorador de pared y controlador de filtrado

Fuente: Departamento de Seguridad, Salud y Ambiente - ENSA

La adición de estos aditivos al fluido de perforación permite; aumentar la productividad y la velocidad de penetración, evitar problemas de recuperación del testigo y/o integridad de la muestra, proporcionan torque, evita pérdidas de circulación, pérdidas de fluido, inestabilidad del pozo o problemas de limpieza del pozo y reduce la presión en torno a temas de salud, seguridad y responsabilidad ambiental.

Según las especificaciones del fabricante el fluido no es toxico, corrosivo ni inflamable, pero si inerte a las contaminaciones de sales solubles o minerales y estable a las altas temperaturas, además mantiene sus propiedades según la exigencia de las operaciones y es inmune al desarrollo de bacterias.

4.1.1.3 **Proceso de perforación**

La ubicación de los sitios de perforación se realiza mediante el análisis de la información obtenida en superficie, la misma que señala zonas con posible ocurrencia de los minerales buscados en el subsuelo.

Las perforaciones tienen el objetivo de determinar la continuidad espacial de estas zonas anómalas en el subsuelo y definir las que tengan un posible interés económico, en las cuales se necesite obtener más información a futuro.

El método de perforación que constituye una técnica para la exploración directa del subsuelo y consiste en perforar el con una broca diamantada que permite la recuperación de una muestra; consiste en obtener barras compactas de roca de forma cilíndrica denominado testigo de perforación.

La perforación es accionada por un motor diésel, genera la energía de rotación y la presión de empuje vertical (hacia abajo) a la broca de perforación. La broca avanza cortando las rocas del subsuelo y recoge en el interior del tubo un testigo o muestra continua de las rocas atravesadas.

Luego los testigos o muestras obtenidas de la perforación son estudiados por los geólogos para determinar el tipo de roca, su estructura, alteración y la ocurrencia de minerales de interés económico.

El proceso de perforación requiere agua para el enfriamiento de la broca que corta la roca del subsuelo. El agua de enfriamiento (junto con aditivo biodegradable no contaminante)

que es inyectada al subsuelo, regresa a la superficie mezclada con detritos (arenas y limos) generados por efecto del corte de la broca. Este efluente con perforación es agua turbia por su contenido de sólidos en suspensión y debe ser tratadas, antes de regresarla a los cauces naturales de la zona.

En el área de perforación se instala la perforadora y los insumos necesarios para el proceso.

Adicionalmente se prevé la infraestructura necesaria para el tratamiento de los efluentes de perforación y medidas de mitigación ambiental para los sitios de plataformas y acceso.

4.1.1.4 Proceso de circulación y recirculación de agua

Es el eje en el proceso de perforación, la función principal del sistema de circulación, es la de extraer los recortes de roca del pozo durante el proceso de perforación, sirve de apoyo vital al sistema rotatorio durante las operaciones de perforación y de reacondicionamiento, el sistema de circulación y sus elementos abarcan la mayor parte física del taladro y los operadores dedican gran parte del tiempo a este sistema, que tiene equipos, materiales y áreas de trabajo necesarias para la preparación, el mantenimiento y la verificación de las características de la perforación y el lodo a emplearse.

El sistema trabaja con altas presiones, ya que consiste en la circulación de lodo químico a alta presión, cuyo objetivo es “Lubricar”, “Refrigerar” y “Transportar” los escombros removidos por la mecha (punta del taladro) a su paso dentro del terreno, es de vital importancia ya que sin este sistema el taladro no lograría penetrar ni siquiera 5 metros en

el suelo, pues la fricción fuese tremenda y por consiguiente también la temperatura aumentaría y se fundiría la mecha.

El sistema está compuesto por equipos y accesorios, todos de forma y características diferentes, los cuales movilizan el lodo de perforación a través del sistema de circulación, por lo que permiten preparar lodo, almacenarlo y bombearlo hacia el pozo, estableciendo un circuito cerrado de circulación con retorno a los tanques, desde donde es succionado por las bombas de lodo.

El sistema de circulación del lodo es un sistema cerrado ya que el lodo circula todo el tiempo, siguiendo el mismo recorrido, a excepción de cuando se presentan problemas de pérdida de circulación.

4.1.1.5 Proceso de sedimentación

El fluido de perforación que retorna a la superficie del pozo contiene generalmente; recortes, sólidos de formación y otras partículas. Todos estos contaminantes deben ser removidos del lodo antes de ser recirculado, y debe añadirse aditivos químicos y arcillas para mantener las propiedades requeridas.

Para la primera fase del proceso de sedimentación primario, el fluido de perforación se depositará y circulará a baja velocidad a través de un circuito de tanques diseñado y dispuesto con la finalidad de remover del fluido, por acción de la gravedad, una parte de las partículas orgánicas e inorgánicas, discretas y floculentas que se encuentran en suspensión.

En la segunda fase del proceso de sedimentación el fluido pasa de las tinajas hacia una centrífuga de decantación conocida como S.R.U. (Sediments Removal Unit) o Unidad de Remoción de Sedimentos la cual aumenta la velocidad de sedimentación de los sólidos mediante el reemplazo de la fuerza de gravedad por la fuerza centrífuga. La descarga de esta son sólidos secos. La S.R.U. permite la reducción de costos de manejo del lodo sin sacrificar el control de las propiedades esenciales del mismo y genera un menor impacto ambiental al reemplazar el uso de fosas de sedimentación de mayor tamaño, es el único propósito real y la justificación para emplear una Unidad de Remoción de Sedimentos.

El fluido limpio es devuelto nuevamente al sistema para cerrar el ciclo de recirculación del taladro.

4.1.1.6 Proceso de disposición final de sedimentos

Los recortes de perforación que son separados en las fases de sedimentación son recolectados, trasladados y depositados en lugares designados para su disposición final, denominados fosas de lodos las mismas que están ubicadas en sitios estables con impermeabilización en la base, alejados de humedales, ríos, quebradas, lagunas o sitios inestables. (En concordancia con el Art. 81 de la Ley de Minería), estas fosas de lodos son clausuradas en la fase de rehabilitación.

4.1.2 Caracterización de los procesos del tratamiento de agua residual

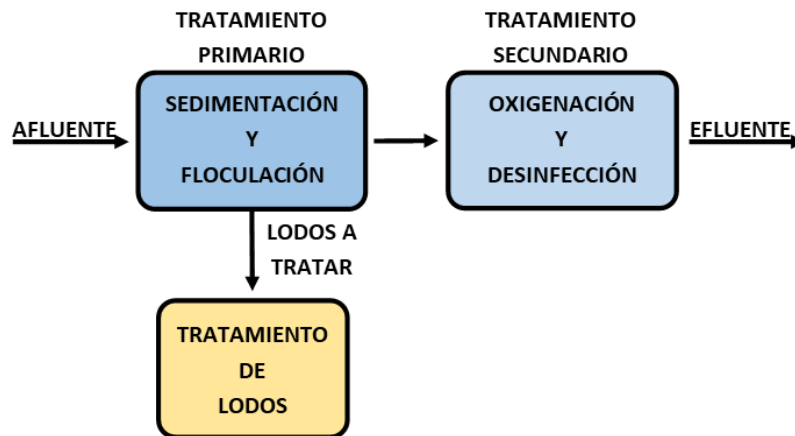


Figura 9. Diagrama de Bloques de Tratamiento de Agua Residual del Proyecto Cascabel

Fuente: Área de Seguridad, Salud y Medio Ambiente – ENSA 2018

Con el propósito de evitar la contaminación de las fuentes de agua que se encuentran dentro de la concesión, se realiza el tratamiento de aguas residuales generadas en el proceso de perforación; una vez que las características físicas y químicas no son adecuadas para continuar las actividades de perforación son enviadas a un área de tratamiento de aguas residuales (Sector Galárraga Anexo 4), en la cual esta agua es tratada para devolverla al ambiente cumpliendo con los límites permisibles que exige la normativa ambiental. (Tabla 10 Anexo 1 del Libro VI del TULSMA – AM 097A).

El tratamiento se realiza en tres fases; sedimentación, floculación y oxigenación.

4.1.2.1 Tratamiento Primario

- **Sedimentación**

El agua residual proveniente de los taladros es almacenada en una fosa de tratamiento en el sector denominado Galarraga, donde los sólidos en suspensión más gruesos se separan

por acción de la gravedad debido a la diferencia de densidad, el peso entre partículas y la agregación natural de partículas.

- **Floculación**

En esta fase se remueven las partículas finas disueltas en el agua que no pudieron sedimentarse en la fase anterior, y con ayuda de un coagulante inorgánico como el policloruro de aluminio (PAC) o el sulfato de aluminio, se remueve el color oscuro y materia coloidal clarificando el fluido y creando una atracción entre las partículas en suspensión, la mezcla es agitada para inducir la agrupación de partículas entre sí y formar flóculos, los cuales se sedimentan o depositan en el fondo de la fosa, para el agua luego ser trasladada a la siguiente fase.

En esta fase también se añade cal al fluido de perforación contenido en la fosa, con la finalidad de ablandar el agua, es decir para eliminar sales minerales de calcio y magnesio y posibles toxinas perjudiciales.

4.1.2.2 Tratamiento Secundario

- **Oxigenación**

En esta fase el agua resultado del proceso de floculación atraviesa un proceso oxigenación mediante la agitación del fluido y la adición de Agua Oxigenada o Peróxido de Hidrógeno al 3%, con el fin de eliminar organismos patógenos por oxidación, en esta fase se realiza también un muestreo del fluido con el fin de llevar a cabo un análisis de laboratorio para confirmar que las características físico químicas del agua que va a ser devuelta al ambiente se encuentre dentro de los parámetros que exige la ley, una vez confirmado que los parámetros son los idóneos el agua es devuelta a la quebrada más cercana.

- **Análisis de laboratorio para el análisis físico/químico del agua**

La calidad de los efluentes luego de su tratamiento para ser regresados a su cauce normal deben permanecer dentro de ciertos parámetros de calidad de descarga que están establecidos en el Plan de Manejo Ambiental y que se tabulan en función de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes a un cuerpo de agua dulce, de la Tabla 10 Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA – AM 097A), que comprende la toma de muestras y los análisis físico químicos y microbiológicos en laboratorio del agua utilizada en el proceso; y se analizan los siguientes parámetros: pH; Conductividad; Aceites y Grasas; DQO; Hidrocarburos Totales de Petróleo; Sólidos Totales; y, Cloruros (Concordancia con el Art. 85 RAAM), los parámetros seleccionados están en función del análisis CRETIB realizado por el laboratorio Gruntec Environmental Services a los lodos de perforación y que determinaron que no existen compuestos que puedan catalogarse como peligrosos; los análisis físico/químicos fueron efectuados por Gruntec Environment Services, laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), el cual conjuntamente con los técnicos del área de seguridad salud y medio ambiente del proyecto están encargados de realizar el protocolo de muestreo y la cadena de custodia correspondiente (Anexo 2). Una vez realizada la georreferenciación de los puntos de captación de agua, de los taladros de perforación, la caracterización y flujogramas de las actividades en los taladros de perforación y el tratamiento del agua del proyecto minero de exploración avanzada Cascabel, se siguió el procedimiento de la investigación obteniendo los respectivos resultados en cada una de las fases.

4.1.3 Cálculo de la Huella Hídrica Azul

Para la determinación de la Huella Hídrica Azul se obtuvo datos del volumen de agua del afluente que ingresa al sistema de perforación utilizando medidores de caudal instalados a la entrada del sistema, obteniendo datos diarios del volumen de agua en m³ durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2018 en ocho taladros de perforación cumpliendo con la metodología propuesta por Hoekstra, *et al.* (2011), mediante la aplicación de estadística básica se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos que se muestran en la siguiente tabla que muestra el caudal en metros cúbicos mensual por máquina y plataforma o taladro de perforación.

Tabla 3. Volúmenes de agua mensuales en metros cúbicos registrados en los Taladros o Plataformas de Perforación

	Máquina 332 N° Plataforma						Máquina 333 N° Plataforma						Máquina 375 N° Plataforma						Máquina 376 N° Plataforma					Máquina 377 N° Plataforma						Máquina 378 N° Plataforma						Máquina 379 N° Plataforma						Máquina 380 N° Plataforma		Volumen Mensual (m3)			
	42	57	65	70	81	90	3	6	8	39	75	92	40	45	53	60	63	80	88	32	62	68	82	95	1	2	5	7	9	29	72	84	33	44	51	58	73	87	34	47	54	61	83		91	79	89
Enero	68									43			74						28										194			53						52								512	
Febrero	33									24				68					76										101			91							68							461	
Marzo	98									45				0					95					146									62						69							515	
Abril	37									15				62					83						54								70						106							427	
Mayo		32					62								35				44							18											91			30						312	
Junio		18						18							15				53							42											24			9						179	
Julio			28						17							17			32								116										100			18						328	
Agosto			58													11			19																		22			5						115	
Septiembre				42							89					42				44										93							30			1						341	
Octubre					34						64						59				164										40						30			68		54				513	
Noviembre					10	28					23						2	90		68											32						35			27	9	9	46			379	
Diciembre						19						106						44			9	54									42						19					60	8	9			370
TOTAL:																											4452	0,14	m³ l/s																		

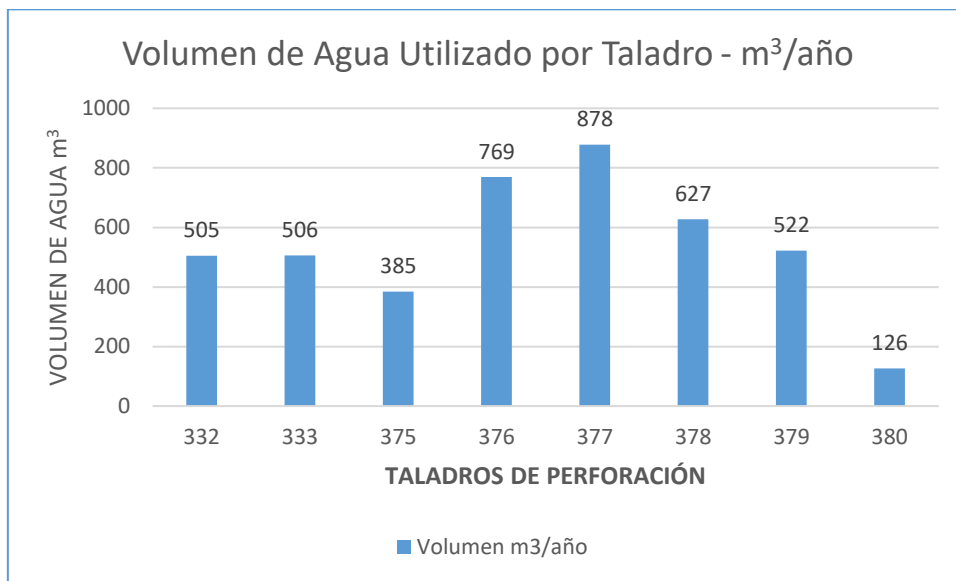


Figura 10. Volumen de agua utilizado por taladro por año

En la Tabla 4 se resume los datos obtenidos en los doce meses de muestreo, caudal del afluente, del efluente, el flujo de retorno perdido estimado del 20% y el caudal de agua evaporada en el proceso, datos que se utilizarán para el cálculo de la huella hídrica azul.

Tabla 4. Caudal de afluentes, efluentes, flujo de retorno perdido y agua evaporada.

Mes de Muestreo	Caudal del Afluyente (m³)	Caudal del Efluente (m³)	Flujo de retorno perdido (m³)	Agua Evaporada (m³)
Enero	512	384,00	102,40	25,60
Febrero	461	345,75	92,20	23,05
Marzo	515	386,25	103,00	25,75
Abril	427	320,25	85,40	21,35
Mayo	312	234,00	62,40	15,60
Junio	179	134,25	35,80	8,95
Julio	328	246,00	65,60	16,40
Agosto	115	86,25	23,00	5,75
Septiembre	341	255,75	68,20	17,05
Octubre	513	384,75	102,60	25,65
Noviembre	379	284,25	75,80	18,95
Diciembre	370	277,50	74,00	18,50
TOTAL	4452,0	3339,0	890,4	222,6

Podemos observar en la tabla anterior los datos de caudales mensuales utilizados en los taladros de perforación, en donde se puede apreciar que en los meses de enero, marzo y octubre existe un caudal del afluyente sobre los 500 m³ mensuales, mientras que en los meses de junio y agosto se reflejaron consumos por debajo de los 200 m³ mensuales. La diferencia en los volúmenes de agua utilizados se debe en mayor parte a pérdidas de agua por rocas muy fracturadas en el fondo del pozo y que ocasionan pérdida de fluido.

Estos resultados se los puede evidenciar de una mejor manera en la figura 10.

Los meses de época lluviosa no afectan en el caudal del agua en el proceso de perforación, esto debido a que el flujo de agua impulsado por la bomba desde la toma de la quebrada hacia el taladro es constante durante todo el año.

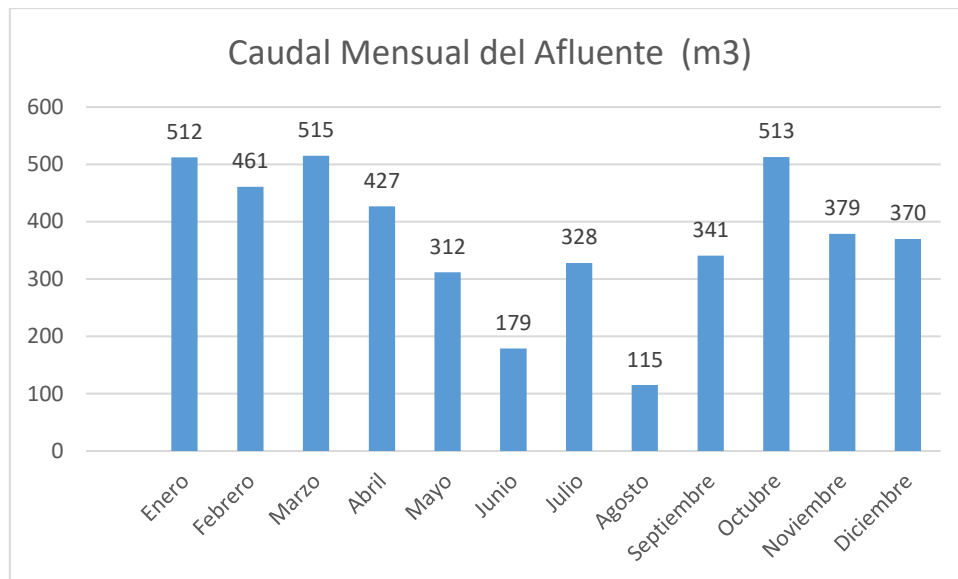


Figura 11. Caudal Mensual del Afluyente año 2018

Por lo tanto, se puede determinar que hay meses donde existe un mayor flujo de retorno perdido; según la metodología de Hoekstra, *et al.* (2011) esa es agua que se pierde o devuelve en el proceso a una cuenca distinta, esta pérdida de flujo se debe principalmente a las formaciones cavernosas o fracturadas naturalmente o por operaciones de perforación incorrectas en los sitios en que se lleva a cabo la operación; mientras que en los sitios en donde el subsuelo y la roca es más sólida el caudal utilizado disminuye las pérdidas dando como resultado, por ejemplo, que en el mes de junio y agosto exista menor pérdida de flujo y se tengan caudales utilizados bastante bajos.

El cálculo de la Huella Hídrica Azul está basado en la metodología del Manual de Evaluación de la Huella Hídrica de Hoekstra, *et al.* (2011), la cual se contabilizó utilizando la Ecuación 1 descrita en esta investigación y propuesta en dicho manual.

La metodología utilizada indica que para desarrollar el cálculo de la Huella Azul hay que ajustar la ecuación dependiendo de las condiciones de cada investigación. Bajo este parámetro, para el cálculo de la Huella Hídrica Azul en Taladros de Perforación no se

considera el agua incorporada en el producto al no existir un producto final que consuma el recurso, sino que únicamente usa el recurso.

Una vez conocidos los datos necesarios para el cálculo de la Huella Hídrica Azul que se genera en el proceso de perforación de la tabla 4 se calcula la huella azul aplicando la Ecuación 1 :

$$WF_{proc,blue}=BWE+BWI+LRF \text{ (volumen/tiempo)}$$

En el proceso de perforación no existe agua incorporada en el producto, el proceso usa agua no consume agua, tenemos entonces que los datos para este indicador del uso consuntivo de agua son igual a 0.

En la siguiente tabla podemos apreciar los resultados del cálculo de la huella hídrica azul para los meses de enero a diciembre del año 2018 en 8 taladros de perforación, obteniéndose los valores más altos en los meses de enero, marzo y octubre con un total de 0.05 l/s, el valor más bajo en el mes de agosto con 0.01 l/s, y con una huella hídrica total anual igual a 1113.00 m³/año o 0.04 l/s de pérdida de agua superficial, que no significa necesariamente que esta desaparezca, ya que el agua se mantiene dentro del ciclo y de alguna forma es devuelta a él.

Tabla 5. Resultados de la huella hídrica azul

Meses de Muestreo	Agua Evaporada (m ³ /mes)	Agua Incorporada en el Producto (m ³ /mes)	Flujo de Retorno Perdido (m ³ /mes)	Huella Hídrica Azul (m ³ /mes)	Huella Hídrica Azul (l/s)
Enero	25,60	0	102,40	128,00	0,05
Febrero	23,05	0	92,20	115,25	0,04
Marzo	25,75	0	103,00	128,75	0,05
Abril	21,35	0	85,40	106,75	0,04
Mayo	15,60	0	62,40	78,00	0,03
Junio	8,95	0	35,80	44,75	0,02
Julio	16,40	0	65,60	82,00	0,03
Agosto	5,75	0	23,00	28,75	0,01
Septiembre	17,05	0	68,20	85,25	0,03
Octubre	25,65	0	102,60	128,25	0,05
Noviembre	18,95	0	75,80	94,75	0,04
Diciembre	18,50	0	74,00	92,50	0,04
TOTAL:	222,60	0,00	890,40	1113,00	0,04

4.1.4 Cálculo de la huella hídrica gris

La huella hídrica gris del proceso de perforación se determinó en base a la Ecuación 2 propuesta por Hoekstra, et al. (2011).

Como se explicó anteriormente el agua utilizada en los taladros de perforación, debe ser tratada para su posterior descarga en los cuerpos hídricos, previo tratamiento, toma de muestras y análisis físico, químico y microbiológico en laboratorio del agua utilizada en

el proceso para poder cumplir con los límites máximos permisibles emitidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente.

Los resultados del análisis de laboratorio realizado al agua limpia (Anexo 5) que ingresa a los taladros de perforación fueron efectuados el 22 de febrero del 2018 y se resumen en la siguiente tabla.

Estos datos serán necesarios para el cálculo de la HHg del proceso.

Tabla 6. Parámetros físicos / químicos del afluente

PARÁMETROS	FECHA DE MUESTREO DEL AFLUENTE	Límite máximo Permissible Tabla 2. Agua dulce. Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA
Físico Químico:		
<i>Ph</i>	7.6	6 – 9
Conductividad (µS/cm)	107	N/A
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	11	130
Aniones y No Metales:		
Cloruro (mg/L)	0.66	1000
Parámetros Orgánicos:		
Aceites y Grasas (mg/L)	0	30.0
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	< 5,7	200
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) (mg/L)	0	20.0

En los resultados de los análisis de laboratorio realizados en los meses de febrero, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2018 se analizan los parámetros de pH; Conductividad; Aceites y Grasas; Demanda Química de

Oxígeno DQO; Hidrocarburos Totales de Petróleo; Sólidos Totales; y, Cloruros (Concordancia con el Art. 85 RAAM y PMA), y se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 7. Parámetros físicos y químicos del agua o efluente

PARÁMETROS	FECHA DEL MUESTREO DE AGUA DESPUÉS DEL TRATAMIENTO (EFLUENTE)										Límite máximo Permisible Tabla 2. Agua dulce. Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA	
	22-feb-18	24-abr-18	31-may-18	28-jun-18	25-jul-18	29-ago-18	10-sep-18	23-oct-18	20-nov-18	27-dic-18		
Físico Químico:												
pH	6.8	4.6	7.0	7.9	7.0	6.2	6.5	6.7	6.4	7.0		6 - 9
Conductividad (µS/cm)	7610	2210	1414	74	2250	727	191	2350	1269	808		N/A
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	35	18	<5	<5	7	<5	<5	7	9	<5	✓	130
Aniones y No Metales:												
Cloruro (mg/L)	1582	496	359	0.3	387	140	39	532	268	178	✓	1000
Parámetros Orgánicos:												
Aceites y Grasas (mg/L)	2.6	0.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3		30.0
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	905	73	17	<4	134	23	<4	177	174	78	✓	200
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) (mg/L)	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3		20.0

Los reportes de análisis de agua realizados por la empresa Gruntec, de los meses utilizados para esta investigación se encuentran adjuntos en el Anexo 6, los cuales indican que luego del tratamiento químico todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles determinados por la norma ecuatoriana ambiental para las descargas de un proceso industrial.

Los análisis de agua son requisito indispensable para el cálculo de la Huella Hídrica Gris (HHg), estos nos permiten determinar el grado de contaminación que producen los taladros de perforación a los cuerpos de agua.

Para el cálculo de la Huella Hídrica Gris que se genera en el proceso de perforación se utilizó la Ecuación 2, propuesta por Hoekstra, et al. (2011), en donde se define el volumen de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes emitidos en el proceso, tomando como referencia las concentraciones naturales existentes y las normas de calidad del agua en el medio ambiente aplicables.

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \text{ (volumen/tiempo)}$$

Tabla 8. Resultados de la Huella Hídrica Gris

Parámetros	Carga del Contaminante (L)	Concentración Máxima del Contaminante (Cmax)	Concentración Natural del Contaminante (Cnat)	Huella Hídrica Gris (HHg)
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(l/s)
<i>Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)</i>	206,86	N/A	107	0,19
<i>Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)</i>	-0,32	130	11	0,00
<i>Cloruro (mg/L)</i>	46,14	1000	0,66	0,00
<i>Aceites y Grasas (mg/L)</i>	0,06	30	0	0,00
<i>Demanda Química de Oxígeno (mg/L)</i>	18,80	200	5,7	0,01
<i>Hidrocarburos totales de petróleo (mg/L)</i>	0,03	20	0	0,00
			TOTAL=	0,21

En la Tabla 8 podemos apreciar los resultados del cálculo de la huella hídrica gris para los meses de febrero a diciembre del año 2018 en 8 taladros de perforación, obteniéndose los valores más altos para el parámetro de Conductividad con un total de 0.19 l/s, de volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de sales disueltas en el agua, los demás valores son relativamente bajos para todos los demás parámetros con datos menores a 0.01 l/s, de agua dulce que se requiere para asimilar la carga contaminante emitida, y una huella hídrica gris total igual a 0.21 l/s de volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga total de contaminantes emitidos en los 10 meses de muestreo.

4.1.5 Cálculo de la Huella Hídrica Total (HHt)

La huella hídrica total del proceso de perforación se determinó en base a la Ecuación 4 propuesta por Hoekstra, et al. (2011), la cual es el resultado de la suma de sus componentes, la huella hídrica azul ($WF_{\text{proc,blue}}$), huella hídrica verde ($WF_{\text{proc,green}}$) y huella hídrica gris ($WF_{\text{proc,grey}}$).

$(WF_{\text{proc,blue}}) = 0.04$ l/s de uso no consuntivo o pérdida de agua superficial de la cuenca.

$(WF_{\text{proc,green}}) = 0.00$ l/s no aplica

$(WF_{\text{proc,grey}}) = 0.21$ l/s de agua dulce que se requiere para asimilar la carga total de contaminantes emitidos en el año.

La evaluación de la huella hídrica total en taladros de perforación del proyecto de exploración minera Cascabel es de **0.25 l/s de agua dulce**, enfatizando que el resultado más significativo es el de la huella hídrica gris.

Actualmente no se dispone de investigaciones similares en la región sobre huella hídrica en taladros de perforación minera.

4.2 Evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica

La evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica en los taladros de perforación con el fin de conocer que tan sostenible es la apropiación del recurso hídrico, se realizó comparando los resultados de la huella hídrica azul con la disponibilidad de agua superficial, y los resultados de la huella hídrica gris con la capacidad de asimilación de residuos disponibles.

La sostenibilidad de la huella hídrica se analizó desde tres perspectivas diferentes: la ecológica, la social y la económica.

4.2.1 Criterios básicos de sostenibilidad

a) Cumplimiento de los requerimientos de agua del medio ambiente: (Contexto Geográfico): Según el Manual de Evaluación de Huella Hídrica (Hoekstra et al. 2011)

los flujos de agua superficial y subterránea deben permanecer dentro de los rangos con respecto a la escorrentía natural.

Tabla 9. Caudales naturales, ecológicos y huella hídrica total

Caudal Quebrada Alpala	Caudal Ecológico Quebrada Alpala	Caudal Quebrada Parambas	Caudal Ecológico Quebrada Parambas	Caudal Adjudicado por la SENAGUA	Huella Hídrica Total
(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
67,63	6,8	23,87	2,4	1,5	0,25

Como podemos observar en la Tabla 9, la huella hídrica total permanece dentro de los límites de la escorrentía natural y caudal ecológico de las quebradas que mantienen a los ecosistemas dependientes de los mismos, al igual que los medios de vida de las personas que dependen de estos ecosistemas.

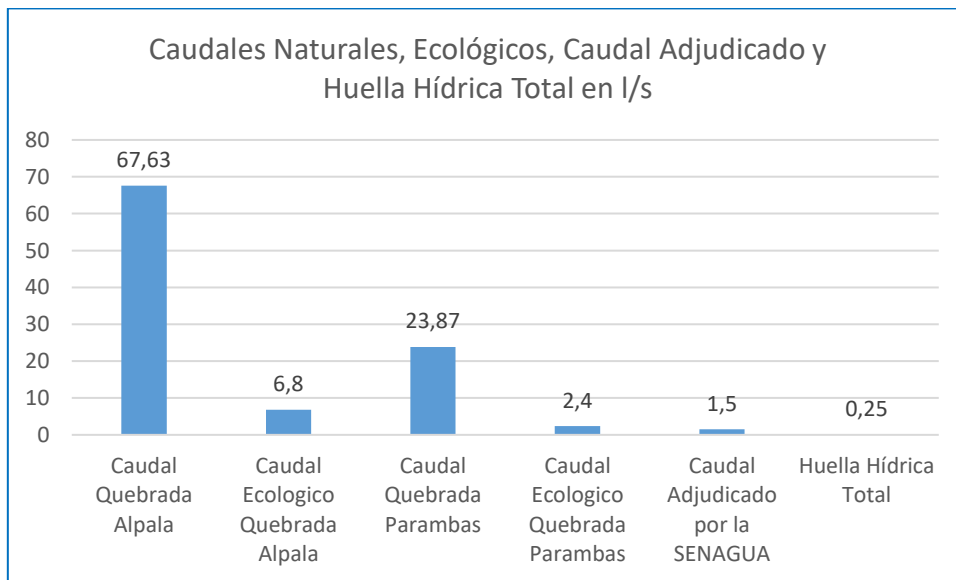


Figura 12. Caudales naturales, ecológicos, caudal adjudicado por la Senagua y huella hídrica total

b) No excedencia de la capacidad de asimilación de contaminantes: Según el Manual de Evaluación de Huella Hídrica (Hoekstra et al. 2011) este criterio se refiere a que la calidad del agua debe permanecer dentro de los límites, que están dados por las normas de calidad ambiental.

Se determinó que el uso de tecnologías como el sistema de remoción de sólidos (S.R.U.), el manejo y tratamiento físico/químico del agua residual para la optimización del uso y reducción de la contaminación del fluido permite que la calidad del agua permanezca dentro de los límites permisibles establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA como se puede apreciar en la tabla 10 de resultados:

Tabla 10. Carga contaminante y límites permisibles del TULSMA

Parámetros	Carga del Contaminante	Límite máximo Permisible Tabla 2. Agua dulce. Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA
<i>Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</i>	206,86	N/A
<i>Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)</i>	-0,32	130
<i>Cloruro (mg/L)</i>	46,14	1000
<i>Aceites y Grasas (mg/L)</i>	0,06	30
<i>Demanda Química de Oxígeno (mg/L)</i>	18,80	200
<i>Hidrocarburos totales de petróleo (mg/L)</i>	0,03	20

4.2.2 Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Azul

Para el análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul se utilizó la Ecuación 5 propuesta por Hoekstra, para poder cuantificar la apropiación de agua azul total, así tenemos que:

$$DA_{\text{azul}} = \text{Oferta} - \text{Caudal}_{\text{Ecológico}}$$

Tabla 11. Caudal natural, ecológico y resultado de la Huella Hídrica Azul

Caudal Quebrada Alpala	Caudal Ecológico Quebrada Alpala	Caudal Adjudicado por la SENAGUA	Huella Hídrica Azul
(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
67,73	6,8	1,5	0,04

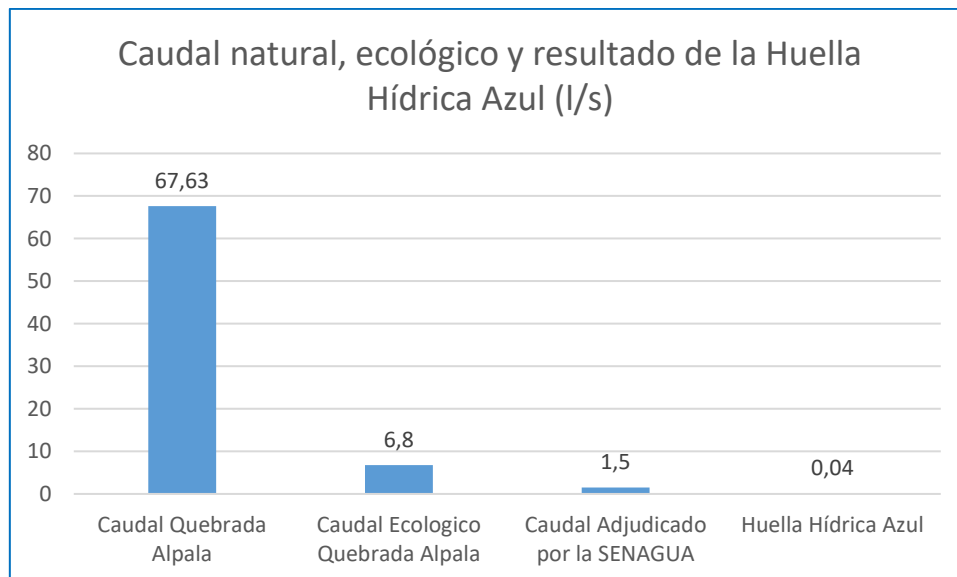


Figura 13. Caudales y resultado de la huella hídrica azul

En la Tabla 11 y representados en la Figura 13 tenemos los datos del caudal natural y el caudal ecológico de la quebrada Alpala, datos necesarios para realizar el análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul que nos ayudará a cuantificar la apropiación de agua azul total del proceso de perforación.

Tabla 12. Cálculo de la disponibilidad de agua azul

Oferta	Caudal Ecológico	Disponibilidad de Agua Azul (DA azul)
(l/s)	(l/s)	(l/s)
67,73	6,8	60,93

En la Tabla 12 podemos observar que la oferta o el caudal natural de la quebrada Alpala es de 67.73 litros por segundo, con un caudal ecológico de 6.8 litros por segundo, dándonos un resultado de la disponibilidad de agua azul igual a 60.93 litros por segundo, con esta evaluación podemos determinar que la huella hídrica azul del proceso no excede la disponibilidad de agua azul para el consumo humano y el mantenimiento de los ecosistemas aguas abajo, ya que su valor es igual a 0.04 litros por segundo.

Para realizar el cálculo de la escasez de agua azul (E_{azul}) utilizaremos la Ecuación 6 planteada por Hoekstra, que es la relación entre la huella hídrica azul del proceso y la disponibilidad de agua azul (DA_{azul}).

$$E_{azul} = HH_{azul} / DA_{azul}$$

Tabla 13. Cálculo de la escasez de agua azul

Huella Hídrica Azul	Disponibilidad de Agua Azul <i>DA azul</i>	Escasez de Agua Azul <i>E azul</i>
(l/s)	(l/s)	(l/s)
0,04	60,93	0,0007

En la Tabla 13 podemos apreciar que el resultado del cálculo de E_{azul} nos permite identificar que existe una situación de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul en el proceso de perforación, ya que este resultado es muy inferior al caudal natural de la quebrada Alpala, de donde se realiza la captación, al caudal ecológico de la misma y al caudal adjudicado por la SENAGUA, cumpliéndose el primer criterio básico de sostenibilidad.

4.2.3 Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Gris

Para poder determinar la cantidad de escorrentía disponible y la capacidad de asimilación de contaminantes del proceso de perforación utilizaremos la Ecuación 7 planteada por (Hoekstra et al. 2011), así:

$$NCA = HH_{gris} / R_{real}$$

Tabla 14. Parámetros, Escorrentía Real de la Quebrada y Resultados de Huella Gris

Parámetros	Caudal Quebrada Parambas	Huella Hídrica Gris
	(l/s)	(l/s)
<i>Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)</i>	23,87	0,19
<i>Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)</i>	23,87	0,00
<i>Cloruro (mg/L)</i>	23,87	0,00
<i>Aceites y Grasas (mg/L)</i>	23,87	0,00
<i>Demanda Química de Oxígeno (mg/L)</i>	23,87	0,01
<i>Hidrocarburos totales de petróleo (mg/L)</i>	23,87	0,00
	TOTAL:	0,21

En la Tabla 14 podemos observar los valores de la escorrentía real de la quebrada Parambas o efluente y los resultados de la huella hídrica gris de todos los parámetros analizados en esta investigación, datos necesarios para poder analizar la capacidad de asimilación de contaminantes producidos en el proceso de perforación.

Tabla 15. Cálculo del índice de contaminación del agua

Huella Hídrica Gris	Escorrentía Real	Índice de Contaminación del Agua
(l/s)	(l/s)	(l/s)
0,21	23,87	0,0087

Como podemos apreciar en la Tabla 15, el índice de contaminación del agua (NCA) es menor a uno, lo que indica que la situación es sostenible y que la capacidad de asimilación de la quebrada no ha sido consumida ni sobrepasada, cumpliéndose el segundo criterio básico de sostenibilidad.

4.2.4 Sostenibilidad Social de la Huella Hídrica

Para poder determinar la sostenibilidad social de la huella hídrica del proceso utilizamos los datos de huella hídrica total, comparada con los caudales de las quebradas afluentes y efluentes utilizadas en el proceso de perforación así tenemos:

Tabla 16. Caudales de quebradas afluentes, efluentes y huella hídrica total

Caudal Quebrada Alpala (Afluente)	Caudal Quebrada Parambas (Efluente)	Huella Hídrica Total
(l/s)	(l/s)	(l/s)
67,63	23,87	0,25

Los resultados obtenidos de la huella hídrica total del proceso de perforación, se encuentran por debajo del caudal natural tanto de la quebrada Afluente (Alpala) como la Efluente (Parambas), lo que aseguran que el caudal de agua dulce disponible en las quebradas satisface las necesidades humanas básicas de los habitantes de las comunidades aguas abajo, lo que garantiza un abastecimiento permanente y suficiente de agua para beber, lavar, cocinar y para la producción de alimentos en las áreas de influencia directa del proyecto.

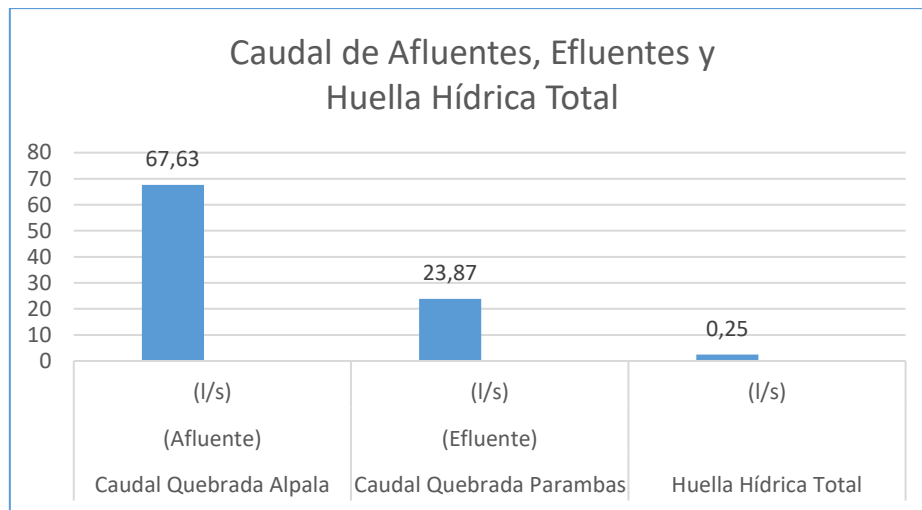


Figura 14. Caudal de afluentes, efluentes y huella hídrica total

4.2.5 Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica.

Para determinar si la huella hídrica total del proceso de perforación es económicamente sostenible debemos evaluar si el agua asignada para el proceso de perforación está siendo utilizada de una manera económicamente eficiente, los beneficios resultantes de la huella hídrica total del proceso de perforación deben superar el costo total asociado a esta huella, para esto se analizaron los costos de inversión anuales de los procesos de perforación, tratamiento del agua residual, análisis de laboratorio y se determinó cuáles son los beneficios resultantes de la huella.

4.2.5.1 Costos de inversión del proceso de perforación

Según se puede observar en el informe anual de exploración avanzada para minerales metálicos (2018) de la empresa Exploraciones Novomining S.A. la inversión inicial planificada para el 2018 fue de alrededor de 8.7 millones de dólares, sin embargo el rendimiento en las actividades de exploración superó las expectativas generándose mayor cantidad de información, un gran incremento en el valor de la investigación subterránea mediante perforaciones y por ende un mayor número de muestras a ser analizadas, por lo

que las inversiones efectuadas en el año 2018 ascendieron a 61.9 millones de dólares, distribuidos en varios rubros, correspondiendo al rubro de perforación el valor de 40,028,580.79 millones de dólares. (Exploraciones Novomining S.A.,2018).

4.2.5.2 Costos de inversión en los tratamientos de agua residual

Según la información obtenida en el departamento de Seguridad, Salud y Ambiente de la Empresa Exploraciones Novomining S.A. la cual consta en el informe anual de exploración avanzada para minerales metálicos (2018) de la empresa Exploraciones Novomining S.A, los costos de inversión efectuados durante el año 2018 para el proceso de tratamiento de agua residual o del fluido de perforación ascendieron a la suma de \$ 170,887,56 dólares distribuidos en los rubros de adquisición de productos químicos destinados al tratamiento de perforadoras industriales, (3500 kg de policloruro de aluminio, 1050 kg de peróxido de hidrógeno, 50 kg de poliacrilamida), compra de materiales para el tratamiento de fosas de sedimentos (Policloruro de aluminio, Cal, Sulfato de aluminio, Peróxido de hidrógeno, mangueras, acoples, abrazaderas, uniones, etc.), mantenimiento de 15 bombas operativas utilizadas en pozos de perforación (cambio de filtros, aceite, mantenimiento externo, etc.) y la sustitución de bombas, dañadas por el uso.

4.2.5.3 Costos de Inversión de Análisis de Agua en Laboratorio

Según la información obtenida en el departamento de Seguridad, Salud y Ambiente de la Empresa Exploraciones Novomining S.A., los costos de inversión efectuados durante el año 2018 para la realización de los análisis de agua en laboratorio ascendieron al valor de \$ 12969.6 dólares, distribuidos en los rubros de análisis de agua limpia para preparar fluido, análisis de agua antes del tratamiento y diez análisis de agua después del

tratamiento químico, los costos unitarios por parámetro a ser analizado se detallan en la tabla de resumen de servicios en el (Anexo 7) proporcionado por el Laboratorio Gruntec. Cabe recalcar que se han tomado únicamente los costos de inversión de los análisis de agua utilizados para esta investigación que son un total de doce.

4.2.5.4 Beneficios resultantes de la huella hídrica total del proceso de perforación

De la Huella Hídrica Total resultante del uso del agua en taladros de perforación se pudieron determinar algunos beneficios en el cuidado de ecosistemas y el desarrollo socioeconómico del área de influencia del proyecto.

La Empresa Exploraciones Novomining S.A. - ENSA, en el proyecto Cascabel, para poder llevar a cabo sus operaciones de exploración avanzada ha empleado durante el año 2018 a 198 trabajadores fijos y 88 trabajadores eventuales de las comunidades localizadas dentro y fuera del área de influencia del proyecto, generando un total de 286 puestos de trabajo distribuidos en diferentes áreas como se puede apreciar en la Tabla 17:

Tabla 17. Distribución del personal comunitario de ENSA - 2018

N°	Áreas de Trabajo	Fijos	Eventuales	TOTAL
1	Prospectores	13		13
2	Obreros de campo	114	80	194
3	Obreros HSE	12		12
4	Auxiliar servicios (Limpieza, ropa)	23		23
5	Cocina	24	8	32
6	Conductores	5		5
7	Vivero	3		3
8	Bodega	1		1
9	Asistente de campo/Supervisores	2		2
10	Promotor social	1		1
TOTAL=		198	88	286

Fuente: Departamento de Gestión Social de ENSA - 2018

El proceso de recirculación del agua y la inversión en sistemas de remoción de sólidos (SRU) para todos los taladros de perforación permite un ahorro del agua utilizada y aumenta la eficiencia del proceso de recirculación del fluido de perforación optimizando el uso del recurso.

Los costos de inversión en los tratamientos fisicoquímicos del fluido de perforación permiten hacer posible su reutilización evitando el uso desconsiderado del recurso, hace posible que la contaminación y deterioro de los ecosistemas aguas abajo sean disminuidos, elimina malos olores y disminuye la contaminación visual o paisajística.

Con los resultados de la investigación se ha determinado que el agua asignada para el uso en el proceso de perforación es económicamente eficiente.

4.3 Diseño de estrategias que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico

Si bien los resultados obtenidos de la HH aseguran que existe un uso sostenible del recurso agua, se han diseñado algunas estrategias con la finalidad de asegurar aún más el uso sostenible del recurso hídrico y la responsabilidad ambiental en el proceso de perforación.

A continuación, se detallan algunas estrategias sugeridas para la implementación en el proceso de perforación y tratamiento de Agua.

Estrategia 1

Uso de absorbentes no-convencionales para el tratamiento del agua residual del proceso de perforación

ESTRATEGIAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA				
OBJETIVO	USO DE ABSORBENTES NO-CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE PERFORACIÓN			
	Emplear materiales naturales como adsorbentes no-convencionales permitan reducir la carga orgánica del fluido de perforación.			
FASE DE APLICACIÓN	INSTALACIÓN		OPERACIÓN	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	COMPENSACIÓN	REHABILITACIÓN
IMPACTOS A CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a la calidad del agua - Afectación a los ecosistemas acuáticos - Afectación de actividades antrópicas aguas abajo 			
ACCIONES A DESARROLLAR	- Talleres de capacitación sobre manejo de absorbentes no convencionales y educación ambiental dirigida a trabajadores y miembros de la comunidad.			
	- Comparar los costos y resultados del tratamiento actual del agua con los costos y resultados del tratamiento no convencional y elegir la opción más adecuada para la empresa, la comunidad y el medio ambiente.			
LOCALIZACIÓN	Plataformas de perforación, áreas de tratamiento de agua residual			
PERSONAL REQUERIDO	Personal operativo de taladros y trabajadores de ENSA			

Estrategia 2.
Manejo y protección de cuerpos de agua

ESTRATEGIAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA				
OBJETIVO	MANEJO Y PROTECCIÓN DE CUERPOS DE AGUA			
	Manejar y proteger los cuerpos de agua, quebradas o vertientes, con la finalidad de mantener el caudal natural y ecológico.			
FASE DE APLICACIÓN	INSTALACIÓN		OPERACIÓN	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	COMPENSACIÓN	REHABILITACIÓN
IMPACTOS A CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de caudal natural y caudal ecológico - Alteraciones fisicoquímicas del agua 			
ACCIONES A DESARROLLAR	- Establecer medidas para proteger las vertientes y quebradas en donde se realiza la captación de agua para el proceso de perforación			
	- Generar un programa de reforestación y forestación en los puntos de captación del agua.			
	- Impartir talleres de educación ambiental al personal que maneja las operaciones en los taladros de perforación y a pobladores de la comunidad.			
LOCALIZACIÓN	Puntos de captación adjudicados por la SENAGUA			
PERSONAL REQUERIDO	Personal operativo de taladros y trabajadores de ENSA			

Estrategia 3.
Protección y conservación de hábitats

ESTRATEGIAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA				
OBJETIVO	PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE HABITATS			
	Proteger y conservar los hábitats cercanos a las operaciones de perforación, como bosques nativos y riparios de ríos y quebradas.			
FASE DE APLICACIÓN	INSTALACIÓN		OPERACIÓN	
TIPO DE MEDIDA	PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	COMPENSACIÓN	REHABILITACIÓN
IMPACTOS A CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a cobertura vegetal y bosques nativos - Afectación a zonas de recarga hídrica - Alteración de flora y fauna 			
ACCIONES A DESARROLLAR	- Talleres de capacitación sobre educación ambiental dirigida a los trabajadores en temas sobre; vulnerabilidad y fragilidad de los ecosistemas y la normativa ambiental del MAE.			
	- Realizar delimitaciones de hábitats de interés que estén cerca de las operaciones de perforación.			
	- Formulación de medidas de protección para los diferentes ecosistemas identificados y que puedan ser afectados por las operaciones.			
LOCALIZACIÓN	Zonas de bosque primario, bosque nativo, riparios dentro del área de la concesión del proyecto			
PERSONAL REQUERIDO	Personal operativo de taladros y trabajadores de ENSA			

CAPÍTULO 5

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

En el proceso de perforación se utiliza agua durante toda la operación; para el enfriamiento de la broca, en la circulación y recirculación del fluido el cual lubrica, refrigera y transporta; se determinó que el proceso de recirculación del fluido así como la incorporación de unidades de remoción de sedimentos (SRU) en las plataforma de perforación, permiten la optimización del uso del recurso y la reducción de costos de manejo del fluido, generando un menor impacto ambiental.

El caudal de agua registrado al ingreso de cada plataforma de perforación durante el año 2018 en los 8 taladros los cuales realizaron 46 pozos o sondajes fue de 4452 m³, de los cuales un 5% corresponde a pérdida por Evaporación y un 20% a pérdida de flujo de retorno, dando como resultado una Huella Hídrica azul igual a 0.04 l/s caudal muy por debajo del caudal de la quebrada de donde se toma el fluido que es de 67.63 l/s y cuyo caudal ecológico es de 6.8 l/s.

En cuanto a los parámetros de la calidad del agua analizados pH, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruro, Aceites y Grasas, Demanda Química de Oxígeno e Hidrocarburos Totales indican que el agua descargada luego del uso y tratamiento se encuentra dentro de los límites permisibles por el TULSMA (2015), cumpliendo con la normativa para los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, teniendo un resultado de Huella Hídrica Gris igual a 0,21 l/s muy por debajo al caudal de 23.87 l/s de la quebrada efluente, los flujos de agua superficial de las dos huellas permanecen dentro de los límites del caudal natural y caudal ecológico, permitiendo de esta manera mantener los ecosistemas y las condiciones de vida de las poblaciones aguas abajo que dependen de estos ecosistemas.

Se puede afirmar que la inversión tanto para el proceso de perforación, manejo y tratamiento del fluido y los análisis fisicoquímicos del agua generan beneficios sociales y ambientales directos para el mantenimiento de ecosistemas saludables en la zona de influencia del proyecto, al tratar de reducir al máximo el uso y la contaminación del recurso agua, contribuyendo a una buena calidad de vida de las comunidades de influencia directa del proyecto.

La empresa Exploraciones Novomining S.A. subsidiaria de la australiana SolGold, en el informe de reservas del año 2018 califica al proyecto Cascabel como un yacimiento de “clase mundial” de cobre y oro, pues el volumen de uno de sus depósitos (Alpala), según las últimas estimaciones, contiene más de 10.9 millones de toneladas de cobre y más de 23 millones de onzas de oro.

5.2 Recomendaciones

Utilizar sistemas de perforación automatizados con la finalidad de mitigar el riesgo para el personal del equipo de perforación, operar los sistemas de modo remoto, reducir costos y mejorar la eficiencia y responsabilidad con el ecosistema.

Implementar nueva tecnología para la toma, abastecimiento, conducción y equipamiento del sistema de recirculación del fluido de perforación para preservar y mantener un ambiente sustentable.

Realizar diagnósticos de eficiencia de las instalaciones y equipos para determinar las condiciones reales de operación.

Rediseñar la planta de tratamiento de agua residual incorporando innovaciones tecnológicas de alta eficiencia y bajos costos de inversión y operación como Biorreactores de membrana (MBR), procesos de tratamiento biológico y/o sistemas de tratamiento natural.

Si bien existe una inversión para el tratamiento físico químico del fluido de perforación para que la descarga se mantenga dentro de los límites permisibles por la legislación, el agua resultante no puede ser utilizada para el consumo humano sin un previo tratamiento de potabilización, aunque si puede ser usada en diferentes actividades como agricultura, ganadería o piscicultura.

Continuar con la investigación en fase de Evaluación Económica y en fase de Explotación si fuera el caso, para determinar el valor de la Huella Hídrica de cada fase del proyecto.

6 Referencias bibliográficas

- Aldar Química. (2010). *Sulfato de Aluminio*. Obtenido de [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/SULFATO%20DE%20ALUMINIO%20L%C3%8DQUIDO%20\(HT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/SULFATO%20DE%20ALUMINIO%20L%C3%8DQUIDO%20(HT).pdf)
- Aldaya, I. N. (2011). Agua y Globalización. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 61.
- Arévalo, D., Lozano, J., & Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 6, 101-126.
- Asociación Española de la Economía Digital (adigital). (2012). *El libro blanco del comercio electrónico* (Vol. 2). España.
- Becerra, J., & Gutiérrez, M. (2013). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. *Sistemas de Plantas de Tratamiento de aguas residuales en Colombia*.
- Becerra, P. (2006). *La Industria del Etanol en Mexico*. Uman.
- Borrás, X. (2011). *Los polímeros flocculan mejor*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Agua/Articulos/50231-Los-polimeros-floculan-mejor.html>
- Bourgett, V. C. (2003). *Manual para el uso eficiente y racional del agua*. Mexico: IMTA.
- Cabezas, M., & González, D. (2017). Determinación de la huella hídrica y del agua virtual en una plantación de banano como producto de exportación en la "Finca Santa Narcisa"; en el cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Quito.
- CAEM. (2000). *Minería Argentina, todas las respuestas*. Buenos Aires: CAEM.
- Carbajal, N. (2013). *Determinación de grasas y aceites*. Obtenido de <https://prezi.com/gcl4bpkfm90z/determinacion-de-grasas-y-aceites/>

Charameli, E. (27 de Enero de 2016). *Vilma Nuñez*. Obtenido de 15 tipos de anuncios y publicidad en Marketing Online: <http://vilmanunez.com/2016/01/27/15-tipos-de-anuncios-y-publicidad-en-marketing-online/>

Chenoweth, J., Hadjikakou, M., & Zoumides, C. (2013). Quantifying the human impact on water resources: a critical review of the water footprint concept. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 10, 9389-9433.doi:10.5194/hessd-10-9389-2013.

CINETICA QUIMICA. (2018). *Policloruro de Aluminio*. Obtenido de <http://www.policlorurodealuminio.com/>

CINGE, C. I. (2008). Auditoria Ambiental Proyecto Minero Gama. Cuenca, Ecuador.

CNUMAD. (1993). Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio Ambiente y Desarrollo. Rio de Janeiro, Brasil.

Colección Observatorio eCommerce y Transformación Digital. (2015). *Libro Blanco de Innovación en Medios de Pago para eCommerce*. Madrid: Foro de economía digital.

Comunicación lynkoo. (22 de octubre de 2012). Obtenido de La historia del comercio electrónico: <http://www.lynkoo.com/comercio-electronico/la-historia-del-comercio-electronico/>

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Talleres Gráficos UTPL.

Copco, A. (s.f.). www.atlascopco.com. Obtenido de www.atlascopco.com

Cruz, J. (2012). *Análisis de la huella hídrica en la explotación minera de carbon a cielo abierto en la mina de el Cerrejón (La Guajira)*. Bogotá.

DAES. (2014). *Departamento de asuntos economicos y sociales de las naciones unidas*. Obtenido de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml

- Dal Porto, S., & Marchitelli, A. (2006). *The functionality and flexibility of traditional classification schemes applied*. Milan: Knowledge organization.
- Daza, A., & Garófalo, M. (2013). Escuela Politécnica Nacional. *Normativas para el control de operaciones de perforación de pozos de petróleo en la Cuenca Oriente del Ecuador*. Quito.
- De Vargas, L. (2014). *Floculación*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/seis.pdf>
- Design & Development consulting. (2016). *Gestor de Contenidos Páginas Web, Blogs, Tiendas. 100% Autoadministrables*. Obtenido de <http://designdevelopment.com.mx>
- Díaz, S., Martínez, P., & Willaarts, B. (2015) *Huella hídrica y huella virtual de Cantabria*. España: Cantabria. F.C.C. Aqualia / Fundación BOTIN.
- Drupal. (2016). *The digital experiences you love. The organizations you trust most. The software they depend on*. Obtenido de <https://www.drupal.org/about>
- EcoInventos. (2017). *Agua Oxigenada. Mil y una utilidades*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/agua-oxigenada/>
- ENTRIX, C. (2013). Estudio de Impacto Ambiental para la Fase de Exploración Avanzada de Minerales Metalicos del Área Minera Cascabel. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Escobar Arraigada, C., & Lagos Llancao, J. (Enero de 2006). 'WordPress' y la creación de un sitio Web dinámico: metodología de instalación y puesta en marcha. *Serie Bibliotecología y Gestión de Información*, 10, 33 - 38.
- Espinoza. (1978). *Concentracion de nitratos en aguas subterranas del area Guanare-Masparro, Venezuela*. Venezuela: CIDIAT- MOP.
- Galli, T. W. (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 100-112.

- Gámez Brocal, J. L. (2014). *Adaptación de Prestashop en GrandesZapatos.com*. España: Universitat Oberta de Catalunya.
- Gómez, J., & Herbert, J. (2012). *El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos*. Madrid, España: Laboratorio de Tecnologías Mineras.
- Gonzalez V., L. J. (2010). Aproximacion a la estimacion de la Huella Hidrica de la mineria del oro. *Sostenibilidad, Tecnologia y Humanismo*, 27-44.
- Gonzales, V., Montoya, L., Botero, A., Arévalo, D., & Valencia, V. (2012). Aproximación a la estimación de la Huella Hídrica de la Minería de Oro en el Municipio de Segovia, Antioquia (Colombia). *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, (7), 27-44.
- Goroshko, N. (2014). CONTENT MANAGEMENT SYSTEM (CMS). Тези доповідей.
- Graf, H., Kramer, J., Mitova, M., Radtke, A., & van Cann, H. (2014). *Joomla! 2.5 - Guía para principiantes*. (I. Baquero, Trad.)
- GreenFacts. (2018). *Recursos Hídricos*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/1-2/6-sostenible-gestion.htm>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Hodge Silver, A., & Hayder, H. (2009). *Wordpress 2.7 Complete*. (B. Parra Pérez, Trad.) España: Anaya.
- Hoekstra, A. (Marzo de 2010). The Water Footprint in the Supply Chain. *The Environmentalist*.
- Hoeskstra, A., Chapagain, M., & Maya, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard*. Earthscan.
- INEN. (2013). *Agua, calidad del agua, muestreo manejo y conservación de muestras*. Quito, Ecuador.
- INEN 2176. (1998). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*.

- intertek. (2018). *Determinación de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo)*. Obtenido de <http://www.intertek.es/medioambiente/determinacion-de-tph/>
- ISO 25000. (2015). *Portal ISO 25000*. Obtenido de ISO/IEC 25010: <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010?limit=3&limitstart=0>
- Jácome Ayala, P. J. (2016). *BENCHMARKING DE LOS FRAMEWORKS OPENSOURCE: BOOTSTRAP Y UIKIT*. Ibarra.
- Kabir, M. J. (2002). *Apache Server 2 Bible*. (S. S. Integrales, Trad.) ANAYA.
- LifeType. (2016). *LifeType Open Source Blogging Platform*. Obtenido de <http://lifetype.net/>
- López, J. (2001). *Manual de Sondeos, Aplicaciones*. Madrid, España: ETSI Minas.
- Manuel Gomez, C. D. (2010). Disponibilidad del agua para la salud y la vida. *Revista mexicana de pediatría*, 260-270.
- Marjoribanks. (2010). *Geological Methods in Mineral Explorations and Mining*. Springer.
- MOTA. (2010). *Química de las aguas naturales*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~mota/Parte2-Tema08.pdf>
- myBB. (2016). *MyBB is the free and open source, intuitive, extensible, and incredibly powerful forum software you've been looking for*. Obtenido de <https://mybb.com/>
- Naciones Unidas, O. d. (2010). Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat).
- Natuta, J., & Potosí, Y. (2018). *EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN LA INDUSTRIA CEMENTERA, PROVINCIA DE IMBABURA*. Ibarra, Ecuador.
- ONU. (2015). *Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida" 2005 - 2015*. Obtenido de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
- ONU. (2016). *Agenda 2030 y los objetivos del desarrollo sostenible*. Cepal.

- Ortiz, M. L. (9 de Diciembre de 2015). *Miguel Leonardo Ortiz*. Obtenido de Qué es MySQL y cómo funciona: <http://migueleonardortiz.com.ar/mysql/que-es-mysql-y-como-funciona/994>
- Patel, S. k., Rathod, V. R., & Parikh, S. (2011). In 3rd International Conference on Trendz in Information Sciences & Computing (TISC2011). *Joomla, Drupal and WordPress-a statistical comparison of open source CMS*. IEEE.
- Pérez Estes, M. (2015). *Geeky Theory*. Obtenido de PROGRAMACIÓN EXTREMA: QUÉ ES Y PRINCIPIOS BÁSICOS: <https://geekytheory.com/programacion-extrema-que-es-y-principios-basicos/>
- Pérez Pérez, C. (2002). *Manual de referencia rápida para PHP-Nuke*. Obtenido de <http://www.forodecanarias.org/doc/nuke/html/>
- PHP. (2016). *¿Qué es PHP?* Obtenido de PHP: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- PHP. (2016). *¿Qué puede hacer PHP?* Obtenido de PHP: <http://php.net/manual/es/intro-what-cando.php>
- phpBB. (2016). *What is phpBB?* Obtenido de <https://www.phpbb.com>
- Pierce, J. (2014). *Los 5 tipos de comercio electrónico*. Obtenido de <https://es.shopify.com/blog/12621205-los-5-tipos-de-comercio-electronico>
- pixelpost. (2009). *Pixelpost v1.7.3 The best photoblog app just got better*. Obtenido de <http://www.pixelpost.org/>
- Poch, M. (2003). *Las calidades del agua*. Barcelona - España: Rubes.
- Quiroga, R. (2001). *Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y de Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y Perspectivas*. Naciones Unidas.
- Ramírez Jaramillo, C. D., & Moreira Zambrano, R. M. (2014). *Desarrollo e implementación de una tienda virtual utilizando oscommerce, caso práctico tienda virtual para material eléctrico y telefónico de media y baja tensión para la empresa ORGATEC*. SANGOLQUÍ.

- Ramos Arahuetes, J. A. (2015). Revisión de los Sistemas de Pagos Online en e-commerce. España.
- Restrepo Velásquez, A. (2014). *Casos de uso como técnica para especificar el comportamiento de un sistema*.
- Restrepo, H. (2009). Universidad Nacional de Colombia. *Evaluación del Proceso de Coagulación - Floculación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable*. Medellín.
- Rodríguez García, J. M. (2016). *Desarrollo de una tienda online basada en el CMS Magento*. Jaén.
- Rodriguez, T., Botelho, D., & Cleto, E. (2008). Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. *Revista Facultad Ingeniería Universidad Antioquia*, 46.
- Rouse, M. (Enero de 2015). *Search Data Center en Español*. Obtenido de MySQL: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>
- Ruíz, J., & Martín, V. (2011). Huella Hídrica, Huella de Agua. *Conceptos Básicos de la Huella de Agua*. España: Instituto Superior del Medio Ambiente.
- Salinas Caro, P. (09 de 02 de 2016). *Universidad de Chile*. Obtenido de Unified Modeling Language (Tutorial): <http://users.dcc.uchile.cl/~psalinas/uml/>
- Sandvik, F. A. (s.f.). *www.sandvik.com*. Obtenido de www.sandvik.com
- Santiago, I. (2016). *Ignacio Santiago*. Obtenido de 12 claves para elegir el mejor nombre de dominio para tu web: <http://ignaciosantiago.com/blog/como-elegir-nombre-dominio-web/>
- Sarduy Domínguez, Y., & Urra González, P. (2006). *Sistemas de gestión de contenidos: En busca de una plataforma ideal*. La habana: Acimed.
- SENAGUA. (2008). *Gestión de recursos hídricos en el Ecuador*. Ecuador.
- SENAGUA. (2014). Ley de aguas. *Ley de aguas*.

- Serendipity. (2016). *A reliable, secure & extensible PHP blog*. Obtenido de <https://docs.s9y.org/>
- Shore, J., & Warden, S. (2007). *The art of agile development* (Vol. 1). (M. O'Brien, Ed.) Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- SIDESA. (2013). *Sulfato de Aluminio*. Obtenido de [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)
- Singh, R., Murty, H., Gupta, S., & Dikshit, A. (2009). An Overview of Sustainability Assessment Methodologies. *Ecological Indicators*.
- Solórzano, C. (2002). Diseño de Indicadores de Sustentabilidad por Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Ecología.
- Standar Methods. (2012). *Standar Methods of American Water Works Association*.
- Tagle, J. (2014). *¿QUÉ ES UN PLUGIN Y PARA QUÉ FUNCIONA?* Obtenido de WPAvanzado: <http://wpavanzado.com/que-es-un-plugin/>
- Tebbut, T. (2001). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. Mexico: Limusa S.A.
- TULSMA. (2015). Calidad del Agua. Ecuador.
- Vázquez R, M. Ó. (2012). *LATIN AMERICA'S WATER FOOTPRINT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES*. Mexico.
- Vidal, G. (Agosto de 2015). Obtenido de Ingeniería de requerimientos: http://users.dsic.upv.es/~jsilva/fin/idr/IDR_practica1.pdf
- Wackernagel, M. &. (1996). Nuestra Huella Ecologica, reduciendo el impacto humano sobre la tierra. Canada: New Society Publishers.
- Water Footprint Network*. (2008). Obtenido de Water Footprint Network: <http://waterfootprint.org/en/>
- Wikidot. (2008). *Typo3*. Obtenido de Sistemas CMS: <http://sistemas-cms.wikidot.com/typo3>

WooCommerce. (2016). *WooCommerce Ninja*. Obtenido de Tablas de base de datos
WooCommerce: <https://woocommerceninja.com/documento-woocommerce/tablas-de-base-de-datos-woocommerce/>

WordPress. (27 de Mayo de 2016). *WordPress Plugins*. Obtenido de Wordpress.org:
<https://wordpress.org/plugins/>

World Economic Forum. (2016). *The Global Risk Report 2016 (N° 11th)*. Geneva, Switzerland:
The Global Competitiveness and Risk Team.

WWAP, P. M. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos
Hídricos en el Mundo*. Paris: Unesco.

ANEXOS

Anexo 1

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

ANEXO I DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en disolución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁷	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso Total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1

Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencia de Hidrógeno	pH		6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspending Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 3

Entrevista N° 1

**ENTREVISTA DE INVESTIGACIÓN DIRIGIDA
A TÉCNICOS DEL ÁREA DE SEGURIDAD, SALUD Y
MEDIO AMBIENTE DE LA EMPRESA EXPLORACIONES NOVOMINING
PROYECTO CASCABEL**

**TEMA: EVALUACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA EN TALADROS DE
PERFORACIÓN**

Objetivo: La presente entrevista de investigación tiene como objetivo obtener información técnica del uso, proceso, manejo y tratamiento del agua utilizada en los taladros de perforación.

NOMBRE: Ing. Vanessa Ortiz

FECHA: jueves 16 de noviembre del 2017

PROFESIÓN: Ingeniera Química

CARGO: Supervisor de Seguridad, Salud y Ambiente

LUGAR: Proyecto Cascabel – Campamento Alpala

GUIÓN DE ENTREVISTA

PREGUNTA N° 1

Investigador:

¿Dónde y cómo se realiza la captación del agua?

Entrevistado:

El agua utilizada para abastecer a los taladros de perforación proviene de la quebrada Alpala, con un caudal adjudicado por la Senagua de 1,50 l/s para uso industrial. También hay otros seis

puntos de captación adjudicados los cuales serán utilizados en el caso de que los sondeos y la ubicación de nuevos puntos de perforación así lo requieran.

Para la toma del agua, las mangueras de abastecimiento se encuentran ubicadas elevadas respecto al fondo, con la finalidad de evitar el bombeo de sedimentos depositados, de igual forma se encuentra colocada una malla en la toma para evitar afectar a la fauna macrobentónica. Dentro del plan de perforaciones no se requiere construir ningún tipo de infraestructura permanente en los sitios de captación ni conducción.

La captación, conducción y almacenamiento son necesarias y forzosa por los terrenos de los señores propietarios de los predios, por lo que con la concesión del uso del agua se concede también el establecimiento de las servidumbres de los propietarios, previa a la socialización y acuerdos de cooperación mutua.

Los caudales por captarse no deben afectar los caudales ecológicos en el sitio de la toma.

PREGUNTA N° 2

Investigador:

¿Cuál es el proceso para el tratamiento del agua?

Entrevistado:

Con el propósito de evitar la contaminación de las fuentes de agua que se encuentran dentro de la concesión, se realiza el tratamiento de aguas residuales generadas en el proceso de perforación; una vez que las características físicas y químicas no son adecuadas para continuar las actividades de perforación son enviadas a un área de tratamiento de aguas residuales localizadas en el sector denominado Galárraga, en donde esta agua es tratada para devolverla al ambiente cumpliendo con los límites permisibles que exige la normativa ambiental.

El tratamiento se realiza en tres fases; sedimentación, floculación y oxigenación.

En el proceso de sedimentación el agua residual proveniente de los taladros es almacenada en una fosa de tratamiento en el sector denominado Galarraga, donde los sólidos en suspensión más gruesos se separan por acción de la gravedad debido a la diferencia de densidad, el peso entre partículas y la agregación natural de partículas.

En la fase de floculación se remueven las partículas finas disueltas en el agua que no pudieron sedimentarse en la fase anterior, y con ayuda de un coagulante inorgánico como el policloruro de aluminio (PAC) o el sulfato de aluminio, se remueve el color oscuro y materia coloidal clarificando el fluido y creando una atracción entre las partículas en suspensión, la mezcla es agitada para inducir la agrupación de partículas entre sí y formar flóculos, los cuales se sedimentan o depositan en el fondo de la fosa, para el agua luego ser trasladada a la siguiente fase.

En esta fase también se añade cal al fluido de perforación contenido en la fosa, con la finalidad de ablandar el agua, es decir para eliminar sales minerales de calcio y magnesio y posibles toxinas perjudiciales.

En esta última fase el agua resultado del proceso de floculación atraviesa un proceso de oxigenación mediante la agitación del fluido y la adición de Agua Oxigenada o Peróxido de Hidrógeno al 3%, con el fin de eliminar organismos patógenos por oxidación, en esta fase se realiza también un muestreo del fluido con el fin de llevar a cabo un análisis de laboratorio para confirmar que las características físico químicas del agua que va a ser devuelta al ambiente se encuentre dentro de los parámetros que exige la ley, una vez confirmado que los parámetros son los idóneos el agua es devuelta a la quebrada más cercana que es la Parambas.

PREGUNTA N° 3

Investigador:

¿Cómo se procede para el análisis físico/químico del agua de perforación?

Entrevistado:

La calidad de los efluentes luego de su tratamiento para ser regresados a su cauce normal deben permanecer dentro de ciertos parámetros de calidad de descarga que están establecidos en el Plan de Manejo Ambiental y que se tabulan en función de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes a un cuerpo de agua dulce, que comprende la toma de muestras y los análisis físico químicos y microbiológicos en laboratorio del agua utilizada en el proceso; y se analizan los siguientes parámetros: pH; Conductividad; Aceites y Grasas; DQO; Hidrocarburos Totales de Petróleo; Sólidos Totales; y, Cloruros los parámetros seleccionados están en función del análisis CRETIB realizado por el laboratorio Gruntec Environmental Services a los lodos de perforación y que determinaron que no existen compuestos que puedan catalogarse como peligrosos; los análisis físico/químicos son efectuados por Gruntec Environment Services, laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), y conjuntamente con nosotros realizamos el protocolo de muestreo y la cadena de custodia correspondiente.

PREGUNTA N° 4

Investigador:

¿Cuál es el método utilizado actualmente para medir los caudales de agua en los taladros de perforación?

Entrevistado:

Los caudales del efluente se miden con un medidor de caudal de agua colocado al ingreso de la plataforma de perforación, los datos de volumen se toman a diario por el personal a cargo del taladro de perforación.

Entrevista N° 2

ENTREVISTA DE INVESTIGACIÓN A SUPERVISOR DE PERFORACIÓN

TEMA: EVALUACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA EN TALADROS DE PERFORACIÓN

La presente entrevista de investigación está dirigida a perforistas y supervisores de taladros de perforación de la Empresa Hubbar Perforations - HP, tiene como objetivo obtener información sobre el proceso, manejo y el desarrollo de las operaciones de perforación, específicamente con el uso y manejo del recurso hídrico.

NOMBRE: Edwin Reatiqui

FECHA: lunes 20 de noviembre del 2017

PROFESIÓN: Tecnólogo

CARGO: Supervisor de Operación en Taladro de Perforación

LUGAR: Proyecto Cascabel – Campamento Alpala

GUIÓN DE ENTREVISTA

Pregunta 1

Investigador:

¿Cómo es el nombre de la empresa para la que usted trabaja y que está a cargo del proceso de perforación?

Entrevistado:

Las actividades y procesos de perforación están a cargo de la Empresa Canadiense/ Ecuatoriana, Hubbart Perforaciones (Hubbard Drilling HP).

Investigador:

¿Utilizan medidas preventivas para evitar algún tipo de contaminación al momento de instalar una plataforma de perforación?

Entrevistado:

Los equipos de perforación se instalan sobre plataformas totalmente niveladas y sin material suelto lo que facilita el normal desplazamiento de las personas, equipos y maquinaria.

Al momento de instalar los taladros en el punto o sitio a perforar, colocamos debajo geomembrana que cubre completamente la zona inferior del taladro, con la finalidad de evitar la contaminación por derrames de aceites, grasas o aditivos, la geomembrana sobresale aproximadamente 1 metro hacia los 4 lados del taladro, como precaución en el evento que reviente alguna de las mangueras hidráulicas, aire o lodo. Además, tenemos instalados materiales de polietileno bajo los contenedores o tarros de aceite, grasa y diésel para evitar contaminación por combustibles o lubricantes.

Investigador:

¿Qué área ocupa una plataforma de perforación?

Entrevistado:

De ser necesario el desbroce de vegetación y afectación al suelo para la instalación de las plataformas donde se realizan los trabajos está limitada a 400 m² (en los cuales se dispondrán los equipos de perforación; gestión de combustibles; gestión de efluentes, gestión de desechos sólidos / semisólidos; letrina; bodega; comedor) en concordancia con el Art. 61 del Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM).

Investigador:

¿Cómo se lleva a cabo el proceso de perforación?

Entrevistado:

Los taladros de perforación una vez nivelados, son asentados sobre bigas de madera de aproximadamente 4" de espesor, con el objeto de evitar que éstos se hundan y provoquen una desnivelación del equipo de perforación.

Para la perforación utilizamos un cabezal o broca diamantada, que rota en el extremo de las barras de perforación, la abertura en el extremo de la broca diamantada permite cortar un testigo sólido de roca que se desplaza hacia arriba en la tubería de perforación y se recupera luego en la superficie.

El cabezal diamantado gira lentamente con suave presión mientras se lubrica con agua para evitar el sobrecalentamiento. La profundidad de perforación se estima manteniendo la cuenta del número de barras de perforación que se han insertado en la perforación.

Hay que escuchar la máquina de perforación con mucho cuidado para evaluar la condición del sondaje abajo y ajustar la velocidad de rotación, la presión y la circulación de agua para diferentes tipos de roca y las condiciones de perforación con el fin de evitar problemas, tales como que quede la broca atascada o recalentamiento del cabezal diamantado.

Las rocas muy fracturadas además del riesgo que las barras se atasquen pueden dejar escapar el agua, con el consiguiente recalentamiento de la broca. El problema se reduce al mínimo mediante la inyección de “fluido de perforación” para "tapar" las fracturas y evitar la fuga de fluidos.

Dentro de la tubería de perforación existe otro tubo interno, que tiene un mecanismo de cierre conectado a un cable de acero. Al final de cada serie de 3 metros, el cable se utiliza para izar el tubo que contiene el testigo de roca a la superficie donde se puede recuperar. El testigo se almacena en cajas especialmente diseñadas que contienen compartimentos para mantener secciones del testigo.

El testigo de perforación se coloca en una canaleta receptora que se encuentra a un costado de la máquina para lavar el testigo y este sea mapeado sin dificultad por un geólogo calificado. El testigo pasa por un proceso de regularización, donde el perforista marca cada uno de los metros perforados en la roca. Posterior a este proceso el testigo pasa a la etapa de muestreo, donde se asignan los tramos donde se generará el corte de cada muestra, es decir, el soporte muestral, luego el testigo se parte por la mitad para obtener una muestra para los análisis geoquímicos, la mitad que no se analiza se conserva para el respaldo geológico.

Investigador:

¿Cuáles son las diferentes etapas de perforación?

Entrevistado:

Tenemos la primera etapa en donde se hace la toma de agua del afluente autorizado, el agua pasa por un medidor de caudal al ingreso de la plataforma, en una segunda etapa tenemos un tanque para la preparación del fluido de perforación, en la tercera etapa el fluido de perforación ingresa al taladro y se produce una recirculación del mismo pasando por una unidad removedora de sedimentos (SRU) que ayuda a separar de forma física el agua del sedimento, en una cuarta etapa el agua pasa a las fosas de sedimentación en donde se realiza el tratamiento químico de las mismas para poder ser regresadas a su cauce normal.

Investigador:

¿Para qué sirve y cómo se realiza la preparación del fluido de perforación?

Entrevistado:

El fluido de perforación, lodo o aditivo permite enfriar la sonda (barras, coronas, etc.), sostener las paredes del pozo y elevar los detritos de perforación y sacarlos fuera del pozo, estos son por lo general suspensiones coloidales en base a arcillas naturales y biodegradables.

Los aditivos utilizados para la preparación del fluido de perforación son los siguientes: Water Treatment, AMC Gel (Bentonita), EZZE PAC R, Xan Bore, Cydrill 4000 0 CR 650 (phpa), Torque Guard, AMC 117, Tube Lube, Magma Fiber, AMC Plug, Rod Grease, Xtra tacky, Residrill.

La adición de estos aditivos al fluido de perforación permite; aumentar la productividad y la velocidad de penetración, evitar problemas de recuperación del testigo y/o integridad de la muestra, proporcionan torque, evita pérdidas de circulación, pérdidas de fluido, inestabilidad del pozo o problemas de limpieza del pozo y reduce la presión en torno a temas de salud, seguridad y responsabilidad ambiental.

Según las especificaciones del fabricante el fluido no es toxico, corrosivo ni inflamable, pero si inerte a las contaminaciones de sales solubles o minerales y estable a las altas temperaturas, además mantiene sus propiedades según la exigencia de las operaciones y es inmune al desarrollo de bacterias.

Investigador:

¿Qué función cumple el agua y en qué etapa de la perforación?

Entrevistado:

El proceso de perforación requiere agua para el enfriamiento de la broca que corta la roca del subsuelo. El agua de enfriamiento (junto con aditivo biodegradable no contaminante) que es inyectada al subsuelo, regresa a la superficie mezclada con detritos (arenas y limos) generados por efecto del corte de la broca. Este efluente con perforación es agua turbia por su contenido de sólidos en suspensión y debe ser tratadas, antes de regresarla a los cauces naturales de la zona.

Adicionalmente se prevé la infraestructura necesaria para el tratamiento de los efluentes de perforación y medidas de mitigación ambiental para los sitios de plataformas y acceso.

Investigador:

¿Cómo es el proceso de circulación y recirculación del agua?

Entrevistado:

Es el eje en el proceso de perforación, la función principal del sistema de circulación, es la de extraer los recortes de roca del pozo durante el proceso de perforación, sirve de apoyo vital al sistema rotatorio durante las operaciones de perforación y de reacondicionamiento, el sistema de circulación y sus elementos abarcan la mayor parte física del taladro y los operadores dedican gran parte del tiempo a este sistema, que tiene equipos, materiales y áreas de trabajo necesarias para la preparación, el mantenimiento y la verificación de las características de la perforación y el lodo a emplearse.

El sistema trabaja con altas presiones, ya que consiste en la circulación de lodo químico a alta presión, cuyo objetivo es “Lubricar”, “Refrigerar” y “Transportar” los escombros removidos por la mecha (punta del taladro) a su paso dentro del terreno, es de vital importancia ya que sin este sistema el taladro no lograría penetrar ni siquiera 5 metros en el suelo, pues la fricción fuese tremenda y por consiguiente también la temperatura aumentaría y se fundiría la mecha.

El sistema está compuesto por equipos y accesorios, todos de forma y características diferentes, los cuales movilizan el lodo de perforación a través del sistema de circulación, por lo que permiten preparar lodo, almacenarlo y bombearlo hacia el pozo, estableciendo un circuito cerrado de circulación con retorno a los tanques, desde donde es succionado por las bombas de lodo.

El sistema de circulación del lodo es un sistema cerrado ya que el lodo circula todo el tiempo, siguiendo el mismo recorrido, a excepción de cuando se presentan problemas de pérdida de circulación.

Investigador:

¿Cómo se realiza el proceso de sedimentación de sólidos?

Entrevistado:

El fluido de perforación que retorna a la superficie del pozo contiene generalmente; recortes, sólidos de formación y otras partículas. Todos estos contaminantes deben ser removidos del lodo antes de ser recirculado, y debe añadirse aditivos químicos y arcillas para mantener las propiedades requeridas.

Para la primera fase del proceso de sedimentación primario, el fluido de perforación se depositará y circulará a baja velocidad a través de un circuito de tanques diseñado y dispuesto con la finalidad de remover del fluido, por acción de la gravedad, una parte de las partículas orgánicas e inorgánicas, discretas y floculentas que se encuentran en suspensión.

En la segunda fase del proceso de sedimentación el fluido pasa de las tinajas hacia una centrífuga de decantación conocida como S.R.U. (Sediments Removal Unit) o Unidad de Remoción de Sedimentos la cual aumenta la velocidad de sedimentación de los sólidos mediante el reemplazo de la fuerza de gravedad por la fuerza centrífuga. La descarga de esta son sólidos secos. La S.R.U. permite la reducción de costos de manejo del lodo sin sacrificar el control de las propiedades esenciales del mismo y genera un menor impacto ambiental al reemplazar el uso de fosas de sedimentación de mayor tamaño, es el único propósito real y la justificación para emplear una Unidad de Remoción de Sedimentos.

El fluido limpio es devuelto nuevamente al sistema para cerrar el ciclo de recirculación del taladro.

Investigador:

¿Cómo se realiza la disposición final de sedimentos?

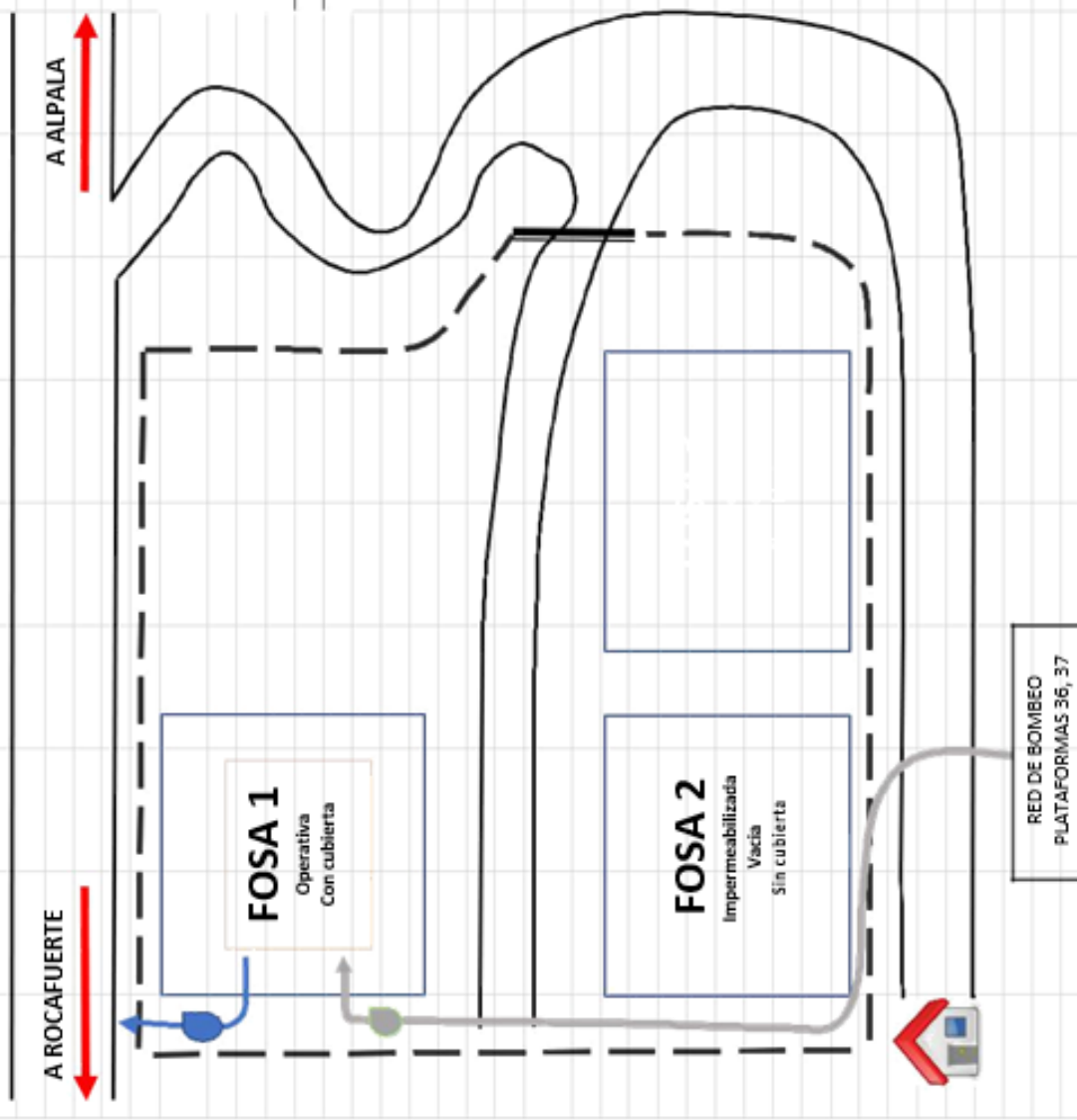
Entrevistado:

Los recortes de perforación que son separados en las fases de sedimentación son recolectados, trasladados y depositados en lugares designados para su disposición final, denominados fosas de lodos las mismas que están ubicadas en sitios estables con impermeabilización en la base, alejados de humedales, ríos, quebradas, lagunas o sitios inestables. (En concordancia con el Art. 81 de la Ley de Minería), estas fosas de lodos son clausuradas en la fase de rehabilitación.

Anexo 4

Área de tratamiento de aguas residuales, estación de acopio de efluentes Galarraga.

ESTACION DE ACOPIO DE EFLUENTES GALARRAGA



FOSAS

No.	DIMENSIONES (m ²)		Volumen (m ³)
	Largo	Ancho	
1	15.0	15.0	787.5
2	14.5	15.0	652.5
3	17.0	15.5	922.25

SIMBOLOGIA

-  Medidor de ingreso de efluentes a la fosa, proveniente de la red de bombeo
-  Medidor de agua tratada|descargada
-  Línea de ingreso de efluentes a fosa, proveniente de red de bombeo
-  Línea de descarga de agua tratada
-  Cerca del area de fosas

4.1 Descarga del fluido a fosa # 1, Estación de Acopio Galarraga desde fosa 37 (14/02/2018)



4.2 Tratamiento de fosa # 1, Estación de Acopio Galarraga (21/02/2017)



4.3 Estado final de la fosa # 1 en Estación de Acopio Galarraga, después de descarga total de agua tratada (23/02/2018)



4.4 Descarga de agua tratada (22 – 23/02/2018)

ANEXO 5

Resultados del análisis de laboratorio realizado al agua limpia.



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
Av. 12 de Octubre N26-97 y Abraham Lincoln, Edificio Torre 1492 Telf:
6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 26-feb-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 06-mar-18

Número reporte Gruentec: 1802429-AG001

Rotulación Muestra:	Agua limpia para preparar fluido	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	22-feb-18	
No. Reporte Gruentec:	1802429-AG001	
Físico Químico:		
pH ^(1,2)	7.6	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ ^(1,2)	107	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Color Real APHA PtCo ^(1,2)	<9	SM 2120 C / HACH 8025 / MM-AG-36
Sólidos disueltos mg/l ^(1,2)	59	SM 2510 A (cálculo) / MM-AG/S-02
Dureza Cálrica mg/l *	25	SM 2340 B / EPA 6020B / MM-AG-21
Dureza Magnésica mg/l *	11	SM 2340 B / EPA 6020B / MM-AG-21
Dureza total mg/l ^(1,2)	37	SM 2340 B / EPA 6020B / MM-AG-21
Sólidos Disueltos Gravimétricos mg/l ^(1,2)	92	SM 2540 C / MM-AG-47B
Turbidez FAU/NTU ^(1,2)	5	HACH 8237 / MM-AG-04
Índice de Saturación de Langelier *	-1.2	Cálculo
Aniones y No Metales:		
Alcalinidad de Bicarbonatos como CaCO ₃ mg/l *	52	SM 2320 / MM-AG-09
Alcalinidad total como CaCO ₃ mg/l ^(1,2)	52	SM 2320 / MM-AG-09
Bicarbonato mg/l ^(1,2)	64	SM 2320 / MM-AG-09
Cloruro mg/l ^(1,2)	0.66	EPA 300.1 / MM-AG-37
Fosfato mg/l ^(1,2)	<0.5	EPA 300.1 / MM-AG-37
Metales totales:		
Aluminio mg/l ^(1,2)	0.02	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Arsénico mg/l ^(1,2)	<0.0005	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Azufre mg/l ^(1,2)	<1	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Bario mg/l ^(1,2)	0.0058	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Cadmio mg/l ^(1,2)	<0.0001	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Calcio mg/l ^(1,2)	10	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Cobre mg/l ^(1,2)	<0.005	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Cromo mg/l ^(1,2)	0.0004	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Hierro mg/l ^(1,2)	0.03	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Magnesio mg/l ^(1,2)	2.8	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Isabel Estrella
Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 2

Anexo N 6

Resultados de los análisis de agua, después del tratamiento químico

Febrero 2018



REPORTE DE ANÁLISIS

Ciente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Tel: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 26-feb-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 07-mar-18

Número reporte Gruentec: 1802430-AG001

Rotulación Muestra:	A. Después del Tratamiento Galárraga	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097- A, TULSMA ^{a1)}	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	22-feb-18		
No. Reporte Gruentec:	1802430-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	6.8	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	7610	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendidos Totales mg/l ^(1,2)	35	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Amonio mg/l ^(1,2)	61	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/l ^(1,2)	47	30	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Cloruro mg/l ^(1,2)	1582 ¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	2.6	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/l ^(1,2)	94	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	905	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/l ^(1,2)	60	50.0	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Sustancias Tensioactivas mg/l ^(1,2)	0.19	0.5	SM 5540 / MM-AG-26
Metales totales:			
Aluminio mg/l ^(1,2)	2.6 ^{2) n)}	5.0	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 25X.

12) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2X.

n) Método de Digestión : EPA 3015a

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Amonio = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 16%;

Demanda Química de Oxígeno = 9%; Metales en Agua = 18%; Nitrógeno Total Kjeldahl = 12%; Sólidos Suspendidos

Totales = 18%; Sustancias Tensioactivas = 11%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: $C \pm U$ (U=C/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella
Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.1 Abril 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 24-abr-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 02-may-18

Número reporte Gruentec: 1804369-AG001

Rotulación Muestra:	A. Después del Tratamiento Galárraga	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ^{a1)}	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	24-abr-18		
No. Reporte Gruentec:	1804369-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	4,6	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	2210	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendedos Totales mg/l ^(1,2)	18	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	496 ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	0,4	30,0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	73	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0,3	20,0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

f1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 10X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendedos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella
Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.2 Mayo 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Tel: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 31-may-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 08-jun-18

Número reporte Gruentec: 1805500-AG001

Rotulación Muestra:	A. Después del tratamiento P29	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA a1)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d		
No. Reporte Gruentec:	1805500-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	7.0 ⁿ⁾	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad µS/cm ^(1,2)	1414 ⁿ⁾	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendedos Totales mg/l ^(1,2)	<5 ⁿ⁾	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	359 ⁿ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3 ⁿ⁾	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	17 ⁿ⁾	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3 ⁿ⁾	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

n.d - No Determinado

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 10X.

n) n.d: fecha de muestreo no disponible, el laboratorio no se responsabiliza por el cumplimiento del tiempo máximo de análisis recomendado por los métodos de referencia.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendedos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.3 Junio 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliete: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 29-jun-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 09-jul-18

Número reporte Gruentec: 1806502-AG001

Rotulación Muestra:	CA 1	Límite Máximo Permisible Tabla 2. Agua dulce Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ⁽¹⁾	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	28-jun-18		
No. Reporte Gruentec:	1806502-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	7.9	6.5 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad µS/cm ^(1,2)	74	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Dureza Cálcica mg/l *	20	N/A	SM 2340 B / EPA 6020B / MM-AG-21
Dureza Magnésica mg/l *	10	N/A	SM 2340 B / EPA 6020B / MM-AG-21
Dureza total mg/l ^(1,2)	30	N/A	SM 2340 B / EPA 6020B / MM-AG-21
Oxígeno Disuelto mg/l ^(1,2)	7.2	N/A	SM 4500 O,G / MM-AG-03
Oxígeno Saturación % ^(1,2)	>100	> 80	SM 4500 O,G / MM-AG-03
Sólidos Suspendidos Totales mg/l ^(1,2)	<5	max incremento de 10% de la condición natural	SM 2540 D / MM-AG-05
Turbidez FAU/NTU ^(1,2)	<4	N/A	HACH 8237 / MM-AG-04
Aniones y No Metales:			
Alcalinidad de Bicarbonatos como CaCO3 mg/l *	39	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Alcalinidad total como CaCO3 mg/l ^(1,2)	39	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Bicarbonato mg/l ^(1,2)	48	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Cloruro mg/l ^(1,2)	0.3	N/A	EPA 300.1 / MM-AG-37
Nitrato mg/l ^(1,2)	0.65	13	EPA 300.1 / MM-AG-37
Nitrito mg/l ^(1,2)	<0.05	0.2	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato mg/l ^(1,2)	1.7	N/A	EPA 300.1 / MM-AG-37
Cianuro Libre mg/l ^(1,2)	<0.001	N/A	SM 4500 CN / MM-AG-28
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3	0.3	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/l ^(1,2)	<2	20	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	<4	40	SM 5220 D / MM-AG-18
Fenoles mg/l ^(1,2)	<0.001	0.001	EPA 420.1 / MM-AG-25
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	0.5	EPA 8015 D / MM-AG-23
Sustancias Tensioactivas mg/l ^(1,2)	<0.02	0.5	SM 5540 / MM-AG-26
Parámetros Microbiológicos:			
Coliformes Fecales NMP/100 ml ^(1,2)	40	N/A	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Coliformes Totales NMP/100 ml ^(1,2)	4600	N/A	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

6.4 Julio 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 25-jul-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 31-jul-18

Número reporte Gruentec: 1807463-AG001

Rotulación Muestra:	A. Después del Tratamiento Galárraga	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ^{a1)}	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	24/07/2018		
No. Reporte Gruentec:	1807463-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	7.0	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	2250	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendidos Totales mg/l ^(1,2)	7	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	387 ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	134	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 18-004

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

n.d - No Determinado

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 10X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendidos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: $C \pm (U \times C/100)$ en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.5 Agosto 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Ciente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 29-ago-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 05-sep-18

Número reporte Gruentec: 1808498-AG001

Rotulación Muestra:	A. Después del tratamiento Galárraga	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ^{a1)}	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	29-ago-18		
No. Reporte Gruentec:	1808498-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	6.2	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad μ S/cm ^(1,2)	727	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendidos Totales mg/l ^(1,2)	<5	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	140 ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	23	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 18-004

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendidos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U=incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.6 Septiembre 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: CASCABEL

Muestra Recibida: 10-sep-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 19-sep-18

Número reporte Gruentec: 1809208-AG001

Rotulación Muestra:	Agua después del tratamiento PTF AGD 11	Límite Máximo Permissible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ^{a1)}	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	09-sep-18		
No. Reporte Gruentec:	1809208-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	6.5	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	191	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendidos Totales mg/l ^(1,2)	<5	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	39	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0,3	30,0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	<4	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0,3	20,0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 18-004

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.


INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendidos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: $C \pm U(C/100)$ en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.


Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.7 Octubre 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Ciente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 24-oct-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 05-nov-18

Número reporte Gruentec: 1810504-AG001

Rotulación Muestra:	Agua Después tratamiento Galarraga	Limite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA a1)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	23-oct-18		
No. Reporte Gruentec:	1810504-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	6.7	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	2350	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendidos Totales mg/l ^(1,2)	7	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	532 ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	177	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 18-004

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 10X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendidos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: $C \pm U$ (U=C/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

6.8 Noviembre 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Tel: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Monitoreo de Agua residual

Muestra Recibida: 21-nov-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua residual

Análisis Completado: 29-nov-18

Número reporte Gruentec: 1811354-AG001

Rotulación Muestra:	Agua Después del tratamiento Galárraga	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ^{a1)}	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	20-nov-18		
No. Reporte Gruentec:	1811354-AG001		

Físico Químico:			
pH ^(1,2)	6.4	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	1269	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendedos Totales mg/l ^(1,2)	9	130	SM 2540 D / MM-AG-05

Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	268 ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37

Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	174	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 18-004

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) La muestra presenta características que hicieron necesario aplicar dilución 5X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendedos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: C +/- (Ux100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

6.9 Diciembre 2018, resultados de análisis de agua después del tratamiento



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Exploraciones Novomining S.A.
AV LA CORUÑA E25-58 Y SAN IGNACIO
Telf: 6011021 / 2986606

Atn: Ing. Diego Arcos

Proyecto: Análisis de Agua

Muestra Recibida: 27-dic-18

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 08-ene-19

Número reporte Gruentec: 1812490-AG001

Rotulación Muestra:	Agua Después tratamiento Galarraga	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA ⁽¹⁾	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	27-dic-18		
No. Reporte Gruentec:	1812490-AG001		
Físico Químico:			
pH ^(1,2)	7.0	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ ^(1,2)	808	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendedos Totales mg/l ^(1,2)	<5	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Cloruro mg/l ^(1,2)	178 ⁽¹⁾	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Aceites y Grasas mg/l ^(1,2)	<0.3	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Química de Oxígeno mg/l ^(1,2)	78	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40) mg/l ^(1,2)	<0.3	20.0	EPA 8015 D / MM-AG-23

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 18-004

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a1) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 5X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Aceites y Grasas en Aguas = 10%; Conductividad en agua = 11%; Demanda Química de Oxígeno = 9%; Sólidos Suspendedos

Totales = 18%; Cloruro = 24%; TPH = 25%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

Anexo 7

Tabla de resumen de servicios para análisis de agua



Oferta No. EXN_2017_10_235	Fecha : 27/octubre/2017
-----------------------------------	--------------------------------

DATOS CLIENTE	DATOS GENERALES DE LA OFERTA
Cliente: Exploraciones Novomining S.A. Atención: Ing. Ligia Muyulema Teléfono: 6011021 / 2986606 Correo electrónico: darcos@ensaecuator.com Proyecto: Monitoreo Agua y Suelo según TULSMA.	Validez de la oferta: 90 días Elaborado por: Gabriela Echeverría

TABLA RESUMEN DE SERVICIOS			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	PRECIO TOTAL USD
Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Anexo 1. Acuerdo Ministerial 097-A	1	\$965.00	\$ 965.00
Tabla 2. Criterios de Remediación. Anexo 2. Acuerdo Ministerial 097-A	1	\$1945.00	\$ 1,945.00
SubTotal Análisis USD:			\$ 2,910.00
Descuento Análisis (-15%):			\$ 436.50
SubTotal con Descuento USD:			\$ 2,473.50
12% IVA:			\$ 296.82
TOTAL USD:			\$ 2,770.32

DESGLOSE DE SERVICIOS					
Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Anexo 1. Acuerdo Ministerial 097-A					PRECIO UNITARIO USD
Parámetros	Unidad	Límite de Cuantificación	Método Adaptado de Referencia	Acreditación	Precio Unitario USD
Físico Químico					
pH	unidades pH	2	SM 4500 H / MM-AG/S-01	SAE	\$6.00
Cloro libre (Cloro activo)	mg/L	0.1	SM 4500 O,G / MM-AG-07	SAE	\$9.00
Temperatura	°C	0.1	SM 2550 / MM-AG-43	SAE	\$3.00
Materia flotante	-	-	Método Interno	N/A	en campo
Color Real 1/20	APHA PtCo	9	SM 2120 C/ HACH 8025 / MM-AG-36	SAE	\$8.00
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	5	SM 2540 D / MM-AG-05	SAE	\$12.00
Sólidos Totales Gravimétricos	mg/L	20	SM 2540 B / MM-AG-06	SAE	\$12.00
Aniones y No Metales					
Amonio expresado como Nitrógeno	mg/L	0.02	SM 4500 Norg / MM-AG-15	SAE	\$14.00
Cianuro Total	mg/L	0.001	SM 4500 CN / MM-AG-28	SAE	\$50.00
Sulfuro	mg/L	0.013	EPA 376.2 / MM-AG-33	SAE	\$20.00
Cloruro	mg/L	0.05	EPA 300.1 / MM-AG-37	SAE	\$12.00
Fluoruro	mg/L	0.05	EPA 300.1 / MM-AG-37	SAE	\$12.00
Sulfato	mg/L	0.05	EPA 300.1 / MM-AG-37	SAE	\$12.00
Parámetros Orgánicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3	SM 5210 B,D / MM-AG-19	SAE	\$38.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5	SM 5220 D / MM-AG-18	SAE	\$24.00
Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40)	mg/L	0.3	EPA 8015 D / MM-AG-23	SAE	\$47.00
Sustancias Tensoactivas	mg/L	0.02	SM 5540 / MM-AG-26	SAE	\$32.00
Fenoles	mg/L	0.001	EPA 420.1 / MM-AG-25	SAE	\$48.00
Aceites y Grasas	mg/L	0.3	EPA 1664 / MM-AG/S-32	SAE	\$47.00
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35	SAE	\$32.00

Parámetros	Unidad	Límite de Cuantificación	Método Adaptado de Referencia	Acreditación	Precio Unitario USD
Metales en Agua					
Cromo Hexavalente	mg/L	0.002	EPA 5000 A / 7190 A / MM-AG-29	SAE	\$28.00
Compuestos Orgánicos Volátiles					
Cloroformo	mg/L	0.01	EPA 8260 C / MM-AG-31	SAE	\$160.00
Tetracloruro de carbono	mg/L	0.002	EPA 8260 C / MM-AG-31	SAE	
Parámetros Microbiológicos					
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	30	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20	SAE	\$35.00
Metales totales					
Aluminio	mg/L	0.01	EPA 6020 A / MM-AG/S-39	SAE	\$114.00
Arsénico	mg/L	0.0005		SAE	
Bario	mg/L	0.0002		SAE	
Boro	mg/L	0.02		SAE	
Cadmio	mg/L	0.0001		SAE	
Cobalto	mg/L	0.0001		SAE	
Cobre	mg/L	0.005		SAE	
Estaño	mg/L	0.0005		SAE	
Fósforo	mg/L	0.05		SAE	
Hierro	mg/L	0.02		SAE	
Manganeso	mg/L	0.0005		SAE	
Mercurio	mg/L	0.0001		SAE	
Níquel	mg/L	0.001		SAE	
Plata	mg/L	0.0001		SAE	
Plomo	mg/L	0.0005	SAE		
Selenio	mg/L	0.001	SAE		
Zinc	mg/L	0.005	SAE		
Alkil mercurio	No se puede Ofrecer				
Pesticidas Organoclorados					
a-BHC	mg/L	0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27	SAE	\$190.00
a-chordane	mg/L	0.0001		-	
Alachlor	mg/L	0.0001		SAE	
Aldrin	mg/L	0.0001		SAE	
b-BHC	mg/L	0.0001		SAE	
Butachlor	mg/L	0.0001		-	
Chlorthal-dimethyl	mg/L	0.00005		-	
Chlorotalonil	mg/L	0.00005		-	
d-BHC	mg/L	0.0001		SAE	
Dieldrin	mg/L	0.0001		SAE	
Endosulfan I	mg/L	0.00005		SAE	
Pesticidas Organoclorados					
Endosulfan II	mg/L	0.0001	EPA 8270 D / MM-AG/S/VEG-27	SAE	
Endosulfan sulfate	mg/L	0.0001		SAE	
Endrin	mg/L	0.0001		SAE	
Endrin aldehyde	mg/L	0.0001		SAE	
g-BHC	mg/L	0.0001		SAE	
g-chlordane	mg/L	0.0001		SAE	
Heptachlor	mg/L	0.0001		SAE	
Heptachlor epoxide	mg/L	0.0001		SAE	

ANEXO 8

GALERÍA DE FOTOS

8.1 Entrevistas a personal de operación



8.2 Punto de captación de agua



8.3 Taladro de perforación



8.4 Unidad de remoción de sedimentos SRU



8.5 Tinajas de sedimentación



8.6 Área de tratamiento del agua



8.7 Muestreo de agua



8.8 Áreas de perforación rehabilitadas



8.9 Campamento Alpala – Proyecto Cascabel



8.10 Campamento Rocafuerte – Proyecto Cascabel

