

1-1-2013

Construcción de factores de vertimiento para la actividad minera de oro aluvial en Antioquia, a partir de la consolidación de datos bibliográficos y estudios de caso (LAM4567 CONASFALTOS S.A. Y LAM0806 MINERO S.A)

Johanna Lucía Merchán Obando
Universidad de La Salle, Bogotá

Delica Beatriz Murcia Torres
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Merchán Obando, J. L., & Murcia Torres, D. B. (2013). Construcción de factores de vertimiento para la actividad minera de oro aluvial en Antioquia, a partir de la consolidación de datos bibliográficos y estudios de caso (LAM4567 CONASFALTOS S.A. Y LAM0806 MINERO S.A). Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1072

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

CONSTRUCCIÓN DE FACTORES DE VERTIMIENTO PARA LA ACTIVIDAD MINERA
DE ORO ALUVIAL EN ANTIOQUIA, A PARTIR DE LA CONSOLIDACIÓN DE DATOS
BIBLIOGRÁFICOS Y ESTUDIOS DE CASO (LAM4567 CONASFALTOS S.A Y LAM0806
MINEROS S.A).

JOHANNA LUCIA MERCHÁN OBANDO
DELICA BEATRIZ MURCIA TORRES

TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERAS AMBIENTALES Y SANITARIAS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.

2013

CONSTRUCCIÓN DE FACTORES DE VERTIMIENTO PARA LA ACTIVIDAD MINERA
DE ORO ALUVIAL EN ANTIOQUIA, A PARTIR DE LA CONSOLIDACIÓN DE DATOS
BIBLIOGRÁFICOS Y ESTUDIOS DE CASO (LAM4567 CONASFALTOS S.A Y LAM0806
MINEROS S.A).

JOHANNA LUCIA MERCHÁN OBANDO
DELICA BEATRIZ MURCIA TORRES

TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERAS AMBIENTALES Y SANITARIAS

DIRECTOR
JAVIER MAURICIO GONZÁLEZ DÍAZ
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO
ESPECIALISTA EN EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTOS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C.

2013

Nota de Aceptación

Firma del director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C., 28 Noviembre de 2013

Dedico esta tesis a todas las personas que han participado de una manera u otra en mi proceso de formación personal y profesional, partiendo por mis padres quienes con su confianza y apoyo han participado en todas las decisiones importantes que he tomado, también a mi familia, en especial Alberto Merchán, Amanda Thomsen, Matilde Merchán y Ofelia Mejia por siempre creer en mí y apoyarme incondicionalmente. A los profesores y formadores que con sus enseñanzas, experiencia y paciencia han contribuido en mi crecimiento profesional y a mis amigas y amigos especialmente Andrea Niño, Ximena González y Juan Pablo Barahona por acompañarme en este proceso y ayudarme a ser cada día una persona mejor.

JOHANNA LUCIA MERCHÁN OBANDO

Le dedico esta tesis a Dios, a mi padre Alirio Murcia (fallecido) porque sé que desde el cielo siempre cuida cada paso que doy y porque este era su mayor anhelo y a mi madre Luz Mirian Torres por su apoyo y comprensión, a mis hermanas Dina, Lis por ser mi ejemplo a seguir, y a Sofi porque espero ser el suyo, a mi esposo Jorge Cabrejo por ser mi luz, a mis sobrinos Mari, Santi e Isa porque son mis hijos de corazón, a mis amigos, profesores y a todas las personas que contribuyeron en mi desarrollo profesional y personal.

DELICA BEATRIZ MURCIA TORRES

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios y a todas las personas que participaron en la realización de este proyecto, al Ingeniero Javier González por su orientación, colaboración y por brindarnos su conocimiento en la elaboración del proyecto.

A todas las personas que conforman el Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria especialmente a los Ingenieros Leonardo Calle y Luis Reinaldo Barreto por su constante apoyo y orientación.

A la ANLA por su colaboración e interés para la realización de este proyecto, por la información suministrada y el apoyo de sus funcionarios en especial a Gildardo Bermeo, Juan Sebastián Hernández, Jonhatan Reyes y William Pabón.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
1. RESUMEN	10
2. ABSTRACT	11
3. PALABRAS CLAVES.....	12
4. OBJETIVOS	12
4.1. Objetivo general	12
4.2. Objetivos específicos.....	12
5. MARCO CONCEPTUAL	13
6. MARCO TEÓRICO	16
6.1. Antecedentes legales	16
6.2. Minería	19
6.2.1. Contaminación por mercurio	21
6.3. Factores de vertimiento	22
6.4. Estudios de caso	23
6.4.1. Conasfaltos SA.....	23
6.4.2. Mineros SA.	26
7. METODOLOGÍA.....	32
8. RESULTADOS	34
8.1. Cálculos.....	34
8.2. Resultados	35
8.3. Análisis de resultados.....	38
9. CONCLUSIONES	40
10. RECOMENDACIONES.....	42
11. BIBLIOGRAFÍA	44
12. ANEXOS	47
12.1. ANEXO 1. METODOLOGÍA.....	47
12.2. ANEXO 2. PROCESO PRODUCTIVO	48
12.3. ANEXO 3. INFORMACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CASO.....	50
12.3.1. Mineros S.A	50

12.3.2.	Conasfaltos S.A.....	62
12.4.	ANEXO 4. CÁLCULOS	65
12.4.1.	Cálculos de producción Conasfaltos SA.	65
12.4.2.	Cálculo factores de conversión utilizados en los factores de vertimiento.....	66
12.5.	ANEXO 5. PROGRAMA DE MONITOREO	67
	INTRODUCCIÓN.....	67
12.5.1.	OBJETIVOS, METAS E INDICADORES.	68
12.5.2.	PROTOCOLO DE MUESTREO.	69
12.5.3.	CRONOGRAMA	76
12.5.4.	PRESUPUESTO PROGRAMA DE MONITOREO	77
	Ilustración 1. Ubicación Conasfaltos S.A.	24
	Ilustración 2. Ubicación Mineros S.A.....	28
	Ilustración 3. Gráfico comparativo factores de vertimiento Hg	37
	Ilustración 4. Gráfico comparativo factores de vertimiento SST	37
	Ilustración 5. Metodología	47
	Ilustración 6. Proceso productivo	48
	Tabla 1. Registro de propiedad minera, ante el Ministerio de Minas y Energía.....	27
	Tabla 2. Resultados factores de vertimiento	35
	Tabla 3. Revisión bibliográfica de factores de vertimiento	36
	Tabla 4. Información Mineros S.A	50
	Tabla 5. Información Conasfaltos S.A.....	62
	Tabla 6. Objetivos, Metas e Indicadores programa de monitoreo	68
	Tabla 7. Requerimientos especiales para la toma de muestra, programa de monitoreo	73
	Tabla 8. Cronograma programa de monitoreo.....	76
	Tabla 9. Presupuesto programa de monitoreo.....	77
	Ecuación 1. Factor vertimiento	22
	Ecuación 2. Factor vertimiento	22
	Ecuación 3. Factor vertimiento	23

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país con riquezas en oro cuya explotación se realiza en gran parte en pequeña escala y de manera artesanal. Durante el proceso de beneficio del metal, muchas de las minas utilizan mercurio, cianuro y otros elementos de alta toxicidad que al ser manipulados o aplicados en forma incorrecta ocasionan grave daño a la salud y afectación al medio ambiente.

La minería en general consiste en la extracción de materiales y minerales presentes en el suelo, esta puede ser llevada a cabo de manera rudimentaria o artesanal y a mayor escala puede ser desarrollada mediante el uso de maquinaria pesada y tecnología de recuperación. Dichos minerales se ubican tanto en la superficie del suelo, como a grandes profundidades del mismo, la minería de oro aluvial consiste en las actividades y operaciones extractivas desarrolladas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales.

Dada la ubicación geográfica y su relieve. El país cuenta con abundantes recursos hídricos superficiales, lo cual lo posiciona de una manera privilegiada en el ámbito internacional. El país cuenta con cuatro vertientes principales: Caribe, Pacífico, Orinoco y Amazonas. Sin embargo, la mayor cantidad de población se encuentra asentada en la vertiente del Caribe sobre las riveras de los ríos Cauca y Magdalena, corrientes principales de drenaje de Colombia. Esta situación ha ocasionado que estos ríos sean las dos arterias fluviales más importantes del país y por lo tanto estén recibiendo directa e indirectamente las aguas residuales de casi 15 millones de personas, además de las aguas residuales industriales, de las actividades económicas ubicadas en esas zonas. A ésta situación se le suma la intensa erosión de la vertiente Caribe por la cual se arrastra gran cantidad de sedimentos afectando los usos tradicionales del agua en estos ríos. La cuenca de los ríos Cauca y Magdalena tiene un área aproximada de 273.300 Km² y en ella se ubican aproximadamente 637 municipios. (Sierra Ramírez, C. A. (2011))

Dada la riqueza hídrica de nuestro país, Colombia depende fundamentalmente de sus aguas superficiales para el abastecimiento de agua municipal, agricultura, generación de energía, etc. Las aguas subterráneas se utilizan básicamente para el riego de cultivos, algunas actividades industriales y en algunos casos para el abastecimiento de municipios, especialmente ubicados en la costa Atlántica.

Dicho lo anterior, es de vital importancia estudiar, diseñar e implementar mecanismos de control que permitan proteger la calidad de las aguas y en la medida de lo posible brindar mecanismos que faciliten la autodepuración de las mismas, también es importante resaltar la protección de vertientes como Orinoco y Amazonas, en las cuales están ubicados los ríos más caudalosos que afortunadamente no han sido tan afectados por las actividades económicas y los asentamientos humanos, como la vertiente del Caribe, centro del presente estudio.

El presente documento se basó en el estudio puntual de dos empresas dedicadas a la extracción de oro aluvial asentadas en los ríos Medellín y Nechí, ambos con desembocadura en el río Cauca y finalmente en el río Magdalena, el objetivo del estudio es hallar factores de vertimiento, los cuales son la relación existente entre la producción de oro y la generación de cargas contaminantes de parámetros fisicoquímicos de relevancia en el análisis de la calidad de agua. La importancia de conocer dicha relación radica en que la autoridad ambiental cuente con una herramienta que le permita formular y proponer medidas de control y seguimiento sobre los proyectos de minería de oro aluvial bajo una perspectiva regional, teniendo en cuenta la oferta, la demanda de recursos y la capacidad de resiliencia del cuerpo de agua, dado a que adicional a los proyectos licenciados, podemos encontrar pequeños productores los cuales realizan actividades extractivas y productivas sin control por parte de las Autoridades Ambientales.

En el desarrollo del presente documento se encuentran los objetivos para los cuales se realizó el presente trabajo investigativo, además de una breve definición de los términos más utilizados, el marco normativo bajo el cual se rige la actividad minera, se describe el proceso minero en general, aclarando algunos conceptos de sustancias utilizadas, como es llevado a cabo el proceso para luego presentar las actividades específicas de los casos de estudio. Posteriormente se muestra la metodología utilizada para el desarrollo del mismo y los resultados obtenidos a partir de la consulta de fuentes bibliográficas y la construcción propia de los factores de vertimiento.

1. RESUMEN

El estudio presentado a continuación fue realizado a partir de la información suministrada por las empresas, objeto de estudio, a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA, de acuerdo a los requisitos actualmente exigidos para otorgar licencia ambiental y realizar el posterior seguimiento. El objetivo principal fue la construcción de factores de vertimiento para la actividad extractiva de oro aluvial ubicada en el departamento de Antioquia, con el fin de suministrar una herramienta que permita relacionar la producción de oro con la generación de cargas contaminantes aportadas a los cuerpos de agua superficial involucrados (Río Nechí y R. Medellín).

En el desarrollo del estudio se encontró que la presentación de la información y el contenido de la misma no era el requerido para la alimentación de los factores, es decir, no se halló un histórico de la información esperada y en otros casos la información hallada no presentaba unidades o no describía el punto de muestreo, dificultado su interpretación, por lo que surgió la necesidad de generar un “Procedimiento de monitoreo y seguimiento de vertimientos industriales para la actividad minera de oro aluvial”, en el cual se describe como debe ser generada y presentada la información para poder alimentar los factores de vertimiento.

Sin embargo, se pudieron establecer rangos para factores de vertimientos de cargas contaminantes de DBO₅, DQO, SST, Grasas y aceites y Hg, adicionalmente los valores hallados fueron comparados con diferentes autores (cuando fue posible encontrar la información) dando como resultado, en unos casos, valores coherentes con algunos autores y en otros no. A partir de la revisión de los procesos productivos se pudo hallar la influencia que tienen las diferentes etapas del proceso en el aporte de cargas contaminantes: la extracción y trituración de material generan gran aporte de sólidos suspendidos totales, la amalgamación; por las colas, derrames, lavado de equipos (centrifuga de Knelson y molino de bolas) y materiales (tolvas, trapos, moldes y crisoles) genera pérdidas de mercurio y por último el mantenimiento de maquinaria en especial sobre la barcaza puede generar aportes de aceites y lubricantes.

A partir del presente estudio se podrá generar un instrumento de evaluación y seguimiento por parte de las Autoridades Ambientales, con el fin de conocer el aporte de contaminantes generado por las actividades extractivas de oro aluvial formales e informales, enmarcadas en una perspectiva regional del estado y disponibilidad del recurso hídrico.

2. ABSTRACT

The study presented below was made based on information that the companies under study provided to the National Environmental Licensing Authority (ANLA), according to the requirements currently required to grant the environmental license and subsequent monitoring. The main objective was to create dumping factors for alluvial gold mining activity located in the department of Antioquia, in order to provide a tool that relates the production of gold relate to the generation of pollutant loads discharged to surface water within in the study area (Nechí river and Medellin river).

In conducting the study, there were some shortcomings regarding the presentation of information and its content. That is, in some cases, the required historical information could not be found, and in other cases the information is presented in a way which makes its interpretation difficult. So it became necessary to create a "Monitoring and control industrial discharges for alluvial gold mining process" in which the manner of generating and presenting the information to support dumping factors is described.

However, it was possible to establish ranges for load factors polluting discharges BOD₅, COD, TSS, fats and oils and Hg. In addition, the values found were compared with those of different authors (when it was possible to find the information) resulting, in some cases, values consistent with some authors and not others.

From the review of production processes it was possible to find the influence of the different stages in the contribution of pollutant loads: the mining and crushing of materials generate a large supply of total suspended solids; amalgamation, by the tails, spills, washing equipment (Knelson centrifuge and ball mill) and materials (hoppers, rags, molds and crucibles) generates losses of mercury; and finally maintenance of machinery especially on the barge can generate contributions of oils and lubricants.

This study may generate an instrument for assessing and monitoring by the environmental authorities, in order to know the contribution of pollutants generated by activities of formal and informal alluvial gold mining, framed in a state and regional perspective and availability of the water resource.

3. PALABRAS CLAVES

Factor de vertimiento, carga contaminante, proceso productivo.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Construir factores de vertimiento para la actividad Minera de oro aluvial en Antioquia, a partir de la consolidación de datos bibliográficos y estudios de caso (LAM4567 Conasfaltos SA. y LAM0806 Mineros SA).

4.2. Objetivos específicos

- Identificar las fases del proyecto que generan impactos ambientales sobre el recurso hídrico superficial, mediante el estudio de caso de los proyectos LAM4567 Conasfaltos SA. y LAM0806 Mineros SA y la revisión de fuentes bibliográficas de la industria minera de oro aluvial, con el fin de priorizar los puntos de mayor atención.
- Identificar las cargas contaminantes y las variables de producción, asociadas con la generación de aguas residuales en los procesos que se desarrollan en la industria minera de oro aluvial.
- Construir factores de vertimiento con base en la información recopilada, validándolos mediante la comparación con valores de otras zonas y proyectos similares, con el fin de establecer un instrumento de evaluación y seguimiento por parte de la ANLA.

5. MARCO CONCEPTUAL

Las definiciones que se presentan a continuación se establecen de acuerdo a lo dispuesto por la normatividad legal vigente en Colombia.

Amalgamación. Consiste en agregar mercurio (azogue) al material explotado o procesado, cuando este entra en contacto con el oro libre lo atrapa formando una aleación oro – mercurio (amalgama) blanca, brillante y viscosa.

Aportes mineros. El aporte minero otorga a las entidades adscritas o vinculadas al Ministerio de Minas y Energía, la facultad exclusiva y temporal de explorar y explotar los yacimientos de uno o varios minerales que existan en un área determinada.

Autoridades Ambientales Competentes. Se entiende por autoridad ambiental competente, de acuerdo a sus respectivas competencias las siguientes:

- a) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- b) Autoridad Nacional de licencias Ambientales – ANLA.
- b) Las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible.
- c) Los municipios, distritos y áreas metropolitanas cuya población dentro de su perímetro urbano sea igual o superior a un millón de habitantes.

Autoridad Minera Delegada. El Ministerio de Minas y Energía delegó, en el Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), hoy competencia de la Agencia Nacional de Minería-ANM, y en las Gobernaciones de los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cesar, Guajira y Norte de Santander, la función de adelantar las visitas de seguimiento y control a los títulos mineros de su competencia, para la fiscalización de los títulos mineros legalmente suscritos.

Carga contaminante. Es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; en un vertimiento se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Contrato de concesión. Son contratos administrativos celebrados entre el Estado (Ministerio de Minas y Energía, como representante de la Nación) y un particular (persona natural o jurídica)

para efectuar, por cuenta y riesgo de éste, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en la legislación vigente al momento de su celebración. Comprende dentro de su objeto las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales y cierre o abandono de los trabajos y obras correspondientes.

Concentración. De una sustancia, elemento o compuesto en un líquido es la relación existente entre su masa y el volumen del líquido que lo contiene.

Cuerpo de agua. Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

Licencia Ambiental. La licencia ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada.

Licencia de exploración. La licencia de exploración es el título que confiere a una persona, el derecho exclusivo a realizar trabajos para establecer existencia de yacimientos de minerales y reservas, dentro de una zona determinada.

Licencia de explotación. La licencia de explotación es el título que le otorga a una persona la facultad exclusiva de explotar los depósitos o yacimientos de minerales en un área determinada.

Minería a cielo abierto. Es la excavación que se realiza al aire libre, para sacar o extraer los minerales que se encuentran a poca profundidad o en la superficie.

Minería aluvial. Actividades y operaciones mineras adelantadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales.

Muestreo aleatorio. Recolección de muestras sin observar una distribución areal o espacial homogénea, o un patrón o malla definidos. En carbón se utiliza para determinar de manera puntual y aproximada las características que tiene un lote de material.

Parámetro. Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

Punto de descarga. Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

Recurso hídrico. Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas.

Vertimiento. Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

Vertimiento puntual. El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

Título Minero. Es el acto administrativo escrito (documento) mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo minero de propiedad de la Nación.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Antecedentes legales

Según el ex ministro de minas y energía Martínez Torres, H. (s.f.):

Colombia cuenta con tres Políticas en el sector de la Minería, partiendo de aspectos fundamentales: la necesidad de posicionar a Colombia, como destino prioritario de las inversiones mineras, a través de la **“Política de Promoción de Colombia como país minero”**; fortalecer la institucionalidad minera para darle un adecuado servicio al usuario, por medio de la **“Política de Administración del Recurso Minero”**; y reconocer la existencia en el país de una minería local de pequeña escala que requiere un mayor apoyo del gobierno para incorporar todo lo necesario a nivel empresarial y económico con el fin de lograr adecuados niveles de seguridad industrial y con la **“Política de Mejoramiento de la Productividad y la Competitividad del sector minero”** darle la legalidad, sostenibilidad que este sector requiere.

Teniendo en cuenta a Duque Montoya, B., González Castrillón, E.M. & Calle, L. (s.f.):

En esta última política de mejoramiento de la productividad y la competitividad del sector minero, se plantea dentro de los objetivos generales; *“mejorar los niveles de aprovechamiento de los recursos naturales no renovables velando por que se desarrollen con las mejores prácticas posibles que minimicen los efectos negativos sobre el medio ambiente y la calidad de vida de la población aledaña a los proyectos en desarrollo”*.

Así mismo los lineamientos que da la política establece que, el estado es fiscalizador de la actividad minera lo cual es tan importante como el desarrollo y crecimiento de la actividad, es la verificación por parte del Gobierno que los proyectos mineros se realicen de una manera técnica, económica, social y ambientalmente sostenible, de tal forma que se garantice que los mismos cumplan con las obligaciones contraídas en los contratos.

Para ello el Gobierno debe actuar de manera armónica, debido a que en el momento de fiscalizar actúan diferentes entidades de acuerdo a sus competencias, como son: Ministerio de Minas y Energía, Autoridad Minera Delegada, Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible, Corporaciones Autónomas Regionales, Ministerio de Protección Social, Ministerio del Interior entre otras.

El Estado buscará enfocarse en la plena formalización de la actividad minera en Colombia. En tal sentido, es necesario que se tenga claridad por parte de todas las instancias gubernamentales a nivel nacional, regional y local, así como las instancias legislativas, sobre el impacto negativo que causa la extracción de carácter ilegal en el sector minero, a nivel ambiental, económico, social y laboral del país

La Ley 685 del 2001, por la cual se expide el Código de minas, tiene como objetivos de interés público fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros de propiedad estatal y privada; estimular estas actividades en orden a satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos y a que su aprovechamiento se realice en forma armónica con los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y del fortalecimiento económico y social del país.

Los recursos minerales que se encuentran en el suelo y en el subsuelo son propiedad del Estado, por eso éste debe asegurarse que sean utilizados para beneficio de todos los colombianos y para su explotación, debe solicitar un título minero que autorice la exploración y explotación de estos minerales.

El Art 14 de dicha Ley. Establece que solo con **Título minero** a partir de la vigencia del Código, únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el **contrato de concesión minera**, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional. Como también en su Art 28 establece que la cesión a cualquier **Título de Propiedad Privada** y transmisión por causa de muerte, de la propiedad privada sobre las minas, así como la constitución de gravámenes sobre las mismas, se regirán por las disposiciones civiles y comerciales, adicional a lo anterior, se deberán inscribir en el Registro Minero.

El contrato de concesión minera en su Art 45 define como el que se celebra entre el Estado y un particular para efectuar, por cuenta y riesgo de este, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en el Código. Este contrato es distinto al de obra pública y al de concesión de servicio público.

El contrato de concesión comprende dentro de su objeto las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales por cuenta y riesgo del concesionario y el cierre o abandono de los trabajos y obras correspondientes.

La inclusión de la gestión ambiental es contemplada en el Art 195 del Código Minero donde para todas las obras y trabajos de minería adelantados por contrato de concesión o por un título de propiedad privada del subsuelo, se incluirán en su estudio, diseño, preparación y ejecución, la gestión ambiental y sus costos, como elementos imprescindibles para ser aprobados y autorizados. En ningún caso la autoridad ambiental podrá otorgar permisos, concesiones, autorizaciones o licencias de orden ambiental, para obras y trabajos no amparados por un título minero.

Por otra parte el Art 49 de la **Ley 99 de 1993**, se establece la Obligatoriedad de la Licencia Ambiental para todas aquellas actividades económicas que generen un impacto en los recursos naturales; “La ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje requerirán de una Licencia Ambiental”, esto implica que para nuestro caso de estudio, minería de oro aluvial, es obligatorio que las empresas dedicadas a esta actividad posean licencia ambiental, la cual puede ser otorgada por la Corporación Autónoma Regional correspondiente o por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales- ANLA, según corresponda en lo establecido por el Decreto 2820 de 2010, como se explica a continuación.

El Decreto 2820 del 2010, Por el cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, determina en su Art 4 que la licencia ambiental global se otorga para el

desarrollo de obras y actividades relacionadas con los proyectos de explotación minera abarcando las actividades construcción, montaje, explotación, beneficio y transporte correspondientes a minerales o materiales.

El Art 8 del mencionado decreto determina que El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actualmente competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA) otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los proyectos, obras o actividades de explotación minera de minerales metálicos y piedras preciosas y semipreciosas; cuando la remoción total de material útil y estéril proyectada sea mayor o igual a 2.000.000 de ton/año, en caso de ser menor a este valor el Art 9 define que será Competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales, las cuales otorgarán o negarán la licencia ambiental de los proyectos obras o actividades, que se ejecuten en el área de su jurisdicción.

6.2. Minería

De acuerdo con Rengifo, F., et al, (2012):

La minería es el conjunto de actividades que realiza cualquier persona para conseguir los minerales que se encuentran en el suelo o subsuelo.

Éste es un proceso que comprende varias etapas (ciclo minero): prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, transporte y beneficio de minerales, como se explica a continuación:

- **Prospección:** Es un proceso que busca establecer si existen minerales en una zona determinada. En esta etapa no se necesita título minero.
- **Exploración:** Es la etapa en la que se busca confirmar qué minerales están presentes en un área determinada, su ubicación, cantidad, calidad y posibilidades técnicas de extracción, así como el impacto ambiental y social del proyecto.
- **Construcción y montaje:** Es la etapa en la que se prepara toda la infraestructura requerida para dar inicio a la etapa de explotación.

- Explotación: Es la etapa donde se sacan o extraen los minerales y se preparan para su utilización y/o venta.
- Beneficio y transformación: Es la etapa en la que el mineral extraído se prepara para ser utilizado y/o vendido en el mercado.
- Cierre y abandono de la mina: Una vez se termina la explotación, se procede con el cierre de la mina, donde se retiran los equipos y se restauran las excavaciones mineras, mitigando (reduciendo) sus impactos ambientales.

Esta actividad puede ser desarrollada de diferentes formas, dependiendo del contenido del yacimiento y su ubicación, entre las cuales podemos encontrar:

- a. Minería a cielo abierto: Actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie.
- b. Minería a granel: Consiste en la extracción de grandes cantidades de material inerte con un contenido bajo del mineral, incluye el uso mecanizado de minería a gran escala involucrando un número de personal relativamente bajo.
- c. Minería aluvial: Actividades y operaciones mineras adelantadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales.
- d. Minería subterránea: Actividades y operaciones mineras desarrolladas bajo tierra o subterráneamente, según la profundidad a la que se encuentre el mineral se divide en:
 - Nivel: Galerías horizontales; es usual trabajar las minas desde una chimenea de acceso, y se establecen niveles a intervalos regulares, generalmente con una separación de 50 metros o más; o a partir de varios túneles de acceso con diferente cota, o a partir de rampas de acceso que unen diferentes niveles.
 - Subnivel: Nivel intermedio elaborado a una corta distancia por encima o debajo de un nivel principal, con el objeto de facilitar la extracción de una cámara de explotación. (Glosario Técnico Minero. Ministerio de Minas y Energía, (s.f.))

6.2.1. Contaminación por mercurio

La normatividad vigente en minería permite la ejecución de proyectos que generan impacto ambiental y contaminación a los recursos naturales. Lo anterior se basa principalmente en lo establecido por Maldonado, J. M., et al, (2002) quien afirma que; la explotación aurífera genera aportes de sedimentos, cargas orgánicas y químicas expresadas como drenajes ácidos, metales, grasas, aceites y combustibles que inciden el deterioro de las condiciones físicos químicos y biológicos de las corrientes con la consecuente restricción del uso, modificación del hábitat y productividad del ecosistema.

Como también que la contaminación por metales en la minería aurífera tiene como causas, la generación de drenajes ácidos, anteriormente referida y la derivada del empleo del mercurio (Hg) y cianuro (CN) para recuperar el oro mediante el proceso de amalgamación y cianuración. La recuperación del mineral, utilizando estos metales pesados sin el control y manejo adecuado, ha sido una práctica tradicional en el país, especialmente por la pequeña y mediana minería.

Dado que la actividad minera no ha sido monitoreada con rigurosidad pues el seguimiento ambiental carece de instrumentos de control, se hace necesario identificar factores de vertimientos que permitan a la Autoridad Ambiental establecer criterios para determinar cargas contaminantes aportadas a un cuerpo de agua superficial.

Adicional a lo anterior es importante tener en cuenta los impactos a la salud, ya que estos pueden darse en los operadores de las dragas por contacto directo o inhalación ante una posible mala manipulación del mercurio en el proceso amalgamación y en los habitantes de la zona de influencia de los cuerpo de agua, por consumo del agua y la contaminación de alimentos al tener el mercurio característica de bioacumulación.

6.3. Factores de vertimiento

A Continuación se da conocer la definición de factor de vertimiento dada por la guía metodológica de Ríos, J. A., et. al, (2010):

Un factor de vertimiento se define como la carga contaminante generada por unidad de producción en el sector industrial o por usuario en el sector de servicios. Siendo la carga contaminante de un vertimiento expresada en kilogramos por día (kg/d).

Para determinar el factor de vertimiento se requiere conocer la concentración de la sustancia contaminante a evaluar y el volumen vertido en el proceso. Los parámetros mínimos para analizar son: Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO – y Sólidos Suspendidos Totales –SST.

En los casos donde el agua vertida es igual o es proporcional al agua consumida, la carga contaminante generada depende del módulo de consumo de agua, y por lo tanto es necesario determinarlo previamente. El factor de vertimiento en un proceso por lote, puede calcularse utilizando la concentración del agua de un parámetro seleccionado (C_i), el volumen vertido (v), y la producción (P), como se muestra en la siguiente ecuación.

$fv_i = \frac{C_i \cdot v_{\text{vertido}}}{P}$
Ecuación 1. Factor vertimiento
Fuente: Ríos, J. A., et. al, 2010

Cuando se conoce el módulo de consumo y el porcentaje de evaporación o de uso en el producto, el factor de vertimiento se puede calcular de la siguiente manera:

$fv_i = C_i \cdot m \cdot (1 - \%E)$
Ecuación 2. Factor vertimiento
Fuente: Ríos, J. A., et. al, 2010

Dónde:

Fv_i: Factor de vertimiento del parámetro i.

C_i : concentración del parámetro i .

m : módulo de consumo de agua del proceso.

%E: Porcentaje de evaporación o de uso de agua en el proceso.

Para procesos en continuo se utiliza el caudal de vertimiento (Q) y la producción por unidad de tiempo (p) de la siguiente:

$fv_i = \frac{C_i \cdot Q_{vertido}}{p_u}$
Ecuación 3. Factor vertimiento
Fuente: Ríos, J. A., et. al, 2010

Es importante aclarar que para la presente investigación se utilizó la Ecuación 3, debido a que tiene en cuenta unidades de tiempo para el vertimiento y la producción. Adicionalmente en la revisión de los siguientes estudios de caso aportaron la información básica para la aplicar la misma.

6.4. Estudios de caso

La información reportada a continuación fue extraída de la revisión de los expedientes de la licencia ambiental la cual reposa en el archivo de la ANLA.

6.4.1. Conasfaltos SA.

6.4.1.1. Información básica.

LAM 4567

NIT: 890.929.951-7

TELEFONO: (094) - 2743510 Bello

JURISDICCIÓN: Municipios de Bello y Copacabana

AUTORIDAD AMBIENTAL REGIONAL: Área Metropolitana del Valle de Aburra

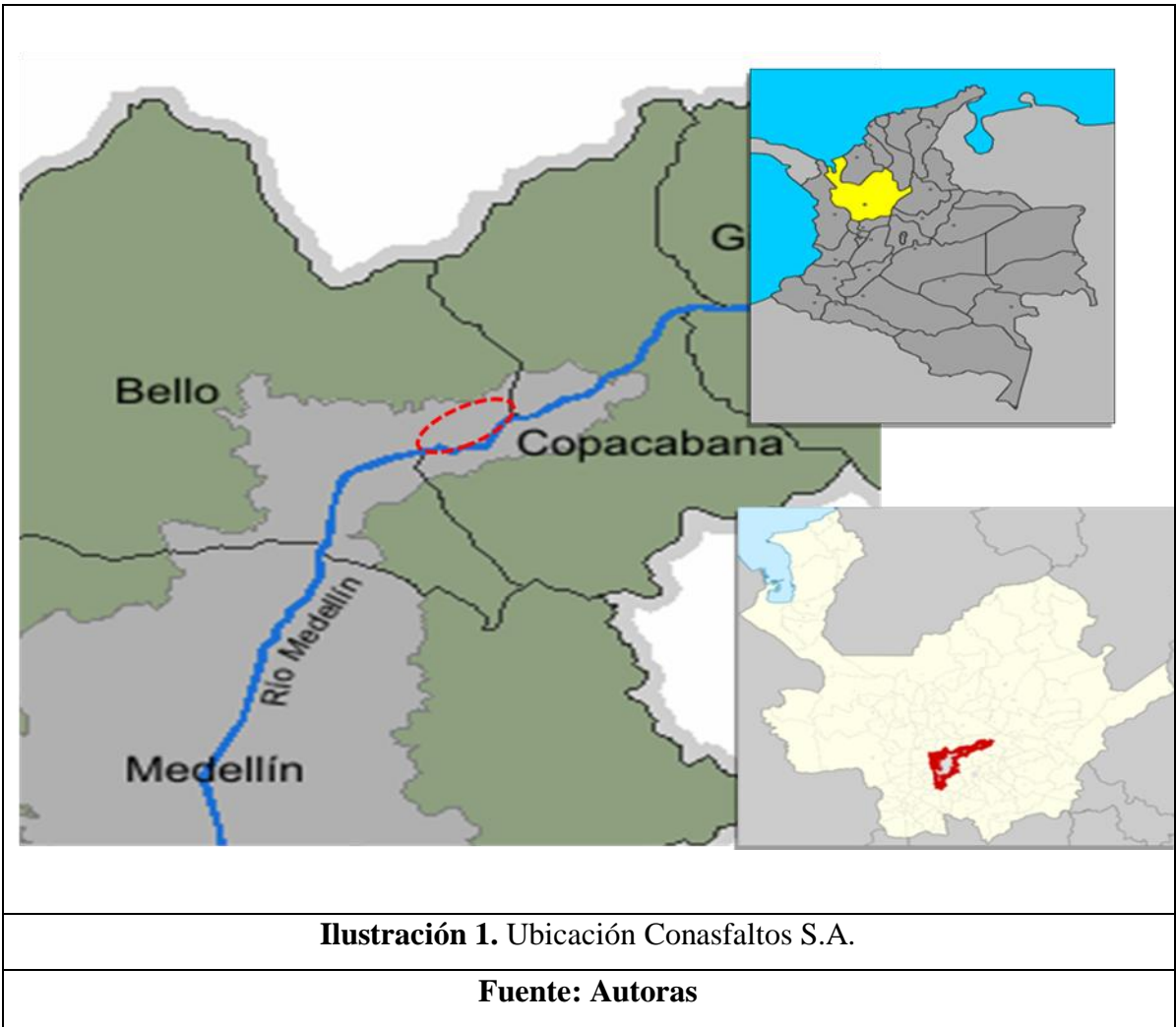
TITULO MINERO: Registro de Propiedad Privada (**RPP-050**) para oro en área localizada en jurisdicción de los municipios de Bello y Copacabana, departamento de Antioquia; Registros mineros de canteras (**RMC-073 Y RMC-074**) para materiales de construcción en áreas

localizadas en jurisdicción del municipio de Bello, departamento de Antioquia y ; **contrato de concesión No. 14284** para materiales de construcción en área localizada en jurisdicción de los municipios de Bello y Copacabana, departamento de Antioquia (antes Licencia de Explotación).

6.4.1.2. Localización.

El proyecto de explotación minera se ubica en la llanura de inundación del río Medellín, en el sector de Niquía, en jurisdicción de los municipios de Bello y Copacabana.

La zona de explotación está limitada en el costado occidental por la Quebrada Guacamayas en una longitud aproximada de 443 metros, por los costados Sur y Suroriental por el río Medellín en una longitud de 2562 m y por los costados Norte y Noroccidental por la vía férrea en una longitud de 287 m.



6.4.1.3. Descripción del proyecto.

Desarrollar las actividades de explotación y beneficio de una mina de aluvión aurífero como mineral principal y materiales de construcción, así como a las actividades de almacenamiento y transformación de materias primas para la fabricación de mezclas asfálticas y oro dado que están en liga íntima con las arenas y gravas, siguiendo un sistema de explotación a cielo abierto, que se centra en un método marcado por la conformación de bancos, bermas y taludes con ángulos de inclinación apropiados para garantizar su estabilidad, teniendo en cuenta aspectos hidrogeológicos, geotécnicos y sísmicos.

6.4.1.4. Descripción del proceso.

(Ver anexo 2, ilustración 6.)

El proceso comienza con la extracción del material de la llanura de inundación con ayuda de una retroexcavadora, la cual descarga en una tolva que a su vez alimenta las trituradoras. La empresa cuenta con tres, una metso de 250 m³/h con una tolva de 43 m³, una línea 3202 de 70 m³/h con una tolva de 20 m³ y una línea 3204 de 50 m³/h con una tolva de 20 m³, las cuales trabajan en húmedo, estas realizan la primera clasificación del material. El material inerte descartado para el proceso es devuelto a la llanura de inundación junto con escombros que recibe la empresa formando taludes y así rellenando el área previamente excavada. El material triturado pasa por una criba de 0.5 cm (segunda clasificación), este material es transportado por una noria y una banda transportadoras hacia los jiggs (primario, secundario, terciario y cuaternario), donde se realiza la primera separación por gravedad en húmedo. Este concentrado pasa por la centrifuga de Knelson donde se realiza la última concentración gravitatoria.

El proceso de amalgamación inicia en el molino de bolas agregándole al material concentrado 2,5 kg Hg/ton concentrado, hidróxido de sodio y detergentes, la amalgama pasa a una tolva desde la cual es embotellada, esta se pesa, etiqueta y sella. Las botellas con amalgama son transportadas en helicóptero a un laboratorio externo, el cual no reporta ningún proceso a la ANLA.

En la identificación de los puntos de impacto al recurso hídrico se determinaron los siguientes:

- Los aportes de SST en el agua se deben a los residuos que salen de las trituradoras, jiggs y centrifuga de Knelson.
- Las pérdidas de mercurio posiblemente se dan en las colas del molino de bolas y en el lavado de la tolva que recoge la amalgama.
- Los derrames de aceites y grasas posiblemente se dan por mantenimiento de maquinaria utilizando aceites y lubricantes.

6.4.2. Mineros SA.

6.4.2.1. Información básica.

LAM 0806

NIT: 890.914.525-7

TELEFONO: (094)- 8372230 Ext 375

JURISDICCIÓN: Municipios Bagre, Caucasia y Nechí.

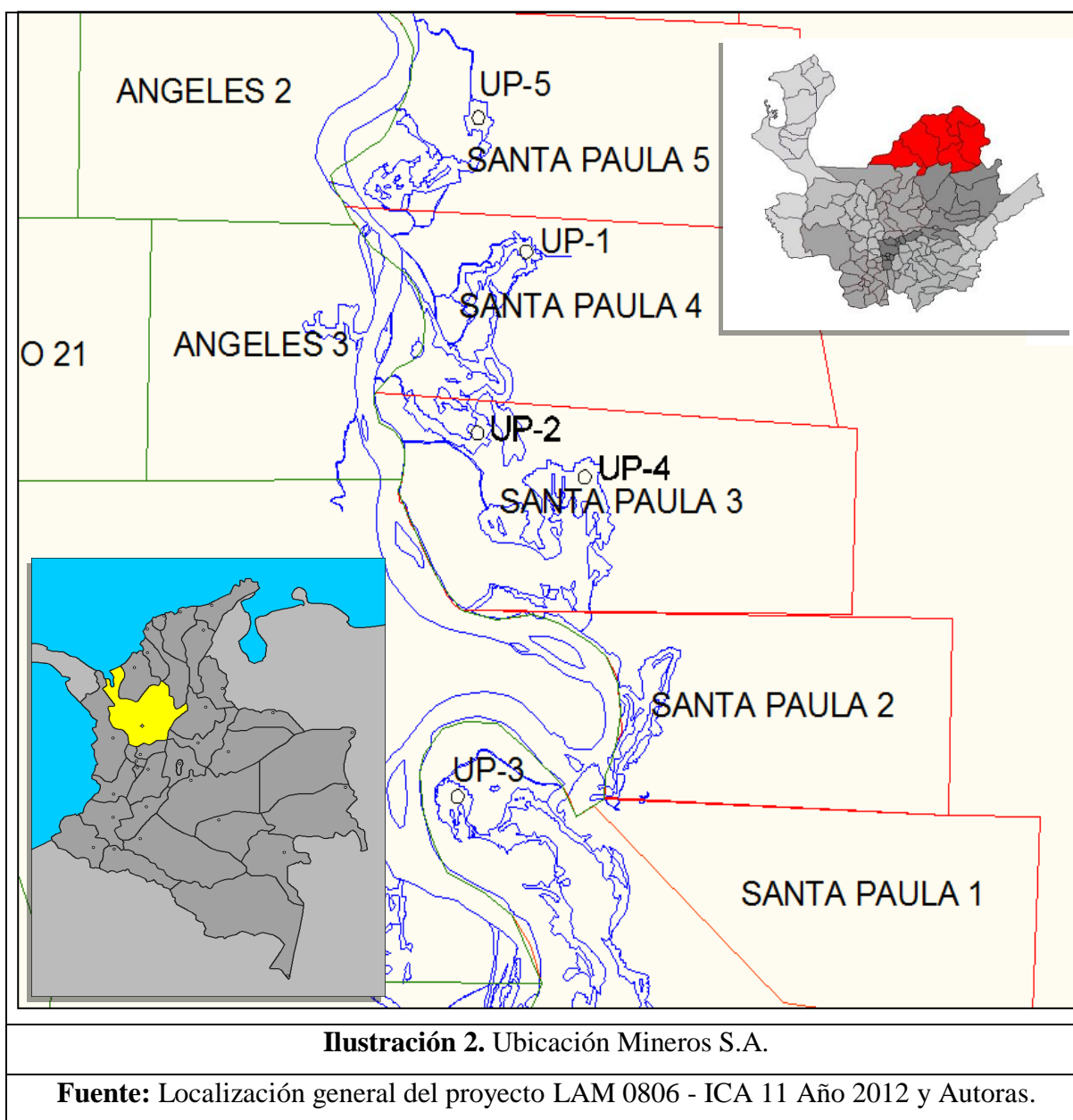
AUTORIDAD AMBIENTAL REGIONAL: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.

Título Minero: El proyecto esta conformado por dos frentes de trabajo, el primero denominado frente norte esta compuesto por dos bloques, norte y sur y las vetas “La Yara” y “San Pedro”, amparados bajo el contrato de concesion minera numero 5766, ubicado a 5.5 Km al sur del casco urbano del municipio El Bagre. El segundo frente denominado frente sur, amparado bajo el contrato de concesión minera número 5805, ubicado al sur del primer frente, a unos 8 Km aproximadamente. El proyecto cuenta con 29 registros de propiedad minera mostrados a continuacion (Ver tabla 1.):

*R.P.P. No	Nombre de la mina	Área (ha)	R.P.P. No	Nombre de la mina	Área (ha)
55	Ciénaga Grande	849,4856	85	Los Ángeles 2	1.008,3422
56	El Jobo	3.146,3992	86	Los Ángeles 3	791,7965
57	Boyacá	3.204,9152	88	Los Ángeles 5	1.043,1160
58	Tenerife	2.618,8494	89	Los Ángeles 6	1.102,0108
60	Pichincha	2.485,1923	91	San Diego 21	583,1884
61	Junín	1.947,3876	93	Santa Paula 1	790,4375
62	Ayacucho	2.960,2303	94	Santa Paula 2	769,9720
67	Palizada 5	1.070,8912	95	Santa Paula 3	992,4751
78	Concepción 5	707,2182	96	Santa Paula 4	838,4736
79	Nechí 1	884,4979	97	Santa Paula 5	924,1763
80	Nechí 10	551,7096	98	Santa Paula 6	914,9784
81	Nechí 11	995,9102	99	Santa Paula 7	782,1772
82	Nechí 12	850,1011	100	Santa Paula 8	966,9775
83	Nechí 13	1.041,7847	101	Santa Paula 9	967,5220
84	Los Ángeles 1	1.087,1680			
AREA TOTAL DE LAS MINAS					36.877,3840
*R.P.P., Registro de Propiedad Minera					
Tabla 1. Registro de propiedad minera, ante el Ministerio de Minas y Energía.					
Fuente: LAM 0806 - P.M.A.					

6.4.2.2. Localización

La operación de Mineros S.A. está localizada al noreste del departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de El Bagre, Zaragoza, Caucasia y Nechí, a lo largo del valle aluvial del río Nechí, en su cuenca baja. En la población de El Bagre se encuentra el campamento base de la Empresa, que consta de instalaciones industriales, viviendas, oficinas y laboratorios.



6.4.2.3. Descripción del proyecto.

La Empresa desarrolla la actividad extractiva de los aluviones auríferos del Río Nechí desde el año 1974, bajo la modalidad de minería a cielo abierto empleando el método de corte y relleno, que consiste en la excavación de pozas de un área aproximada de 1,5 hectáreas. La explotación se realiza en 29 minas de su propiedad, que cubren una extensión superficial de 36.877 hectáreas, bajo la modalidad de minería con dragas de cucharas en los aluviones auríferos profundos del

valle del río Nechí. Actualmente se tienen cinco (5) Unidades de Producción trabajando simultáneamente en diferentes zonas.

El beneficio del oro se realiza mayoritariamente dentro de las dragas de cucharas, basándose en procesos de concentración gravimétrica, amalgamación inicial en la draga para posteriormente ser trasladada al laboratorio donde se recibe, es sometida a procesos físicos y químicos que incluyen principalmente retorteo y fundición. El producto final son barras de oro, las cuales se pesan y se marcan con el nombre de la compañía, el número de la barra, y el peso en gramos y en onzas.

La explotación de los aluviones auríferos del Río Nechí y el beneficio consta de cinco (5) unidades de producción, cada una constituida por una draga de succión, para la remoción del descapote, una draga de cucharas para la explotación propiamente del aluvión y una retroexcavadora anfibia, distribuidas como se muestra a continuación:

- UP1, compuesta por la draga de succión No. 11 y 19, draga de cucharas No. 3, una retroexcavadora anfibia y maquinaria pesada.
- UP2, compuesta por la draga de succión No.15, draga de cucharas No.5, una retroexcavadora anfibia y maquinaria pesada. En esta unidad se ha implementado un nuevo sistema productivo en ausencia de mercurio.
- UP3, compuesta por la draga de succión No.17, draga de cucharas No. 10, una retroexcavadora anfibia y maquinaria pesada.
- UP4, compuesta por la draga de succión No. 13 y 18, draga de cucharas No. 14, una retroexcavadora anfibia y maquinaria pesada.
- UP5, compuesta por la draga de succión No.12, draga de cucharas No.16, una retroexcavadora anfibia y maquinaria pesada.

6.4.2.4. Descripción del proceso.

(Ver anexo 2, ilustración 6.)

El proceso productivo es llevado a cabo sobre una barcaza móvil que cuenta con la infraestructura necesaria para la extracción y amalgamación. Este comienza con la extracción de los primeros 10 m lineales de material (profundidad), con ayuda de una draga de succión, los cuales no contiene oro. Esta es operada por un buzo, el cual dirige la tubería. Este material es utilizado para rellenar espacios dejados anteriormente y son ubicados por medio de un bulldozer. Retirados los primeros 10 m de material, se utiliza la draga de cucharas con el fin de extraer entre 10m y 30m de profundidad, este material es el que contiene oro. Este ingresa a un tornillo sin fin y luego es transportado con ayuda de una banda, la cual alimenta a la mesa wilfley. Esta criba consta de una base metálica que permite la inclinación y cuenta con una superficie en madera provista de unas varillas del mismo material, que permite la separación de las colas y arenas con oro. Las colas son enviadas con ayuda de una bomba elevadora a un tanque de acumulados de estériles.

Una vez las arenas con oro salen, ingresan a los jiggs (primario, secundario, terciario y cuaternario), los cuales realizan una separación por gravedad en húmedo.

El proceso de amalgamación inicia en las botellas de amalgamación y mesa de amalgamación, la cual es una placa de metal ligeramente inclinada (planchas de cobre o metal Muntz (60% cobre, 40% cinc) con una capa de plata aplicada electrolíticamente), esta contiene una película adherente de mercurio por la cual corre la pulpa (mezcla de mineral con agua).

Este amalgama pasa por la centrifuga de Knelson, realizando la última concentración gravitatoria. Al terminar pasa por una tolva, la cual alimenta el molino de bolas durante 30 minutos aproximadamente.

Con ayuda de un trapo se exprime el exceso de mercurio en un balde con agua y la amalgama concentrada es embotellada, pesada y etiquetada y sellada. Las botellas con amalgama son transportadas en helicóptero a un laboratorio en tierra que continúa con el proceso.

Al llegar al laboratorio las botellas son pesadas por el jefe de laboratorio, la amalgama se vierte sobre un molde previamente impregnado con cal para que no se pegue. En el proceso de retortero

se pone en un horno botella que usa madera de desecho como combustible y es encendido con ACPM. El mercurio evaporado es condensado por medio de un serpentín de enfriamiento para ser recuperado. Las esponjas amarillas oro que quedan en el molde contiene un 56 % de oro y la otra parte de mercurio, estas son pasadas a un crisol de grafito que es introducido en el horno de fundición tipo bascula (este horno permite mediante un mecanismo de manivela y engranaje el fácil vaciado del oro fundido) a 1000 °C, el cual trabaja con una mezcla de ACPM y aire a presión (5 gal de ACPM/h y 680m³/h de aire), al fundente se le agrega 1,69g de bórax, 1,632 g de nitrito de sodio.

Al sacarlo del horno se le agrega humo negro o aceite quemado al molde y se deja enfriar. Al desmoldarlo se lava y martilla para quitarle la escoria. Como resultado se obtiene un lingote de oro marcado, el cual es pesado para su comercialización.

En la identificación de los puntos de impacto al recurso hídrico se determinaron los siguientes:

- Los aportes de SST en el agua se dan a partir de las dragas de succión, dragas de cucharas, las colas de la mesa wilfley y el agua de salida de los jiggs.
- Las pérdidas de mercurio posiblemente se dan en el lavado de las botellas y mesas de amalgamación, en el agua de salida y lavado de la centrifuga de Knelson, lavado de las tolvas, molino de bolas y en el laboratorio en el lavado de moldes y crisoles.
- Los aportes de aceites y grasas al cuerpo de agua se ven influenciados por posibles derrames de sustancias lubricantes y aceites utilizados en el mantenimiento de la maquinaria sobre la barcaza.

7. METODOLOGÍA

Este proyecto se divide principalmente en dos fases, deductiva e inductiva como se explica a continuación:

Fase 1. Método deductivo

1. Teniendo en cuenta las directrices y criterios de evaluación establecidos por la ANLA en la solicitud de documentos y estudios para la aprobación de licencias ambientales, se realizó una revisión tanto bibliográfica, como también de licencias y documentación anexa presentada por las empresas mineras de oro en Antioquia (LAM4567 Conasfaltos S.A y LAM0806 Mineros S.A), partiendo de lo general a lo particular, con el fin de determinar los procesos de los proyectos por fases e identificando vertimientos antes del tratamiento (cargas contaminantes) y recolección de información del proceso, con el fin de identificar las fases de mayor impacto al recurso hídrico dentro del proceso productivo de oro aluvial y la disposición de información contenida en dichos expedientes.
2. Una vez recopilada la información se generó una matriz por cada proceso productivo, con el fin de resumir la información dirigida específicamente a la construcción de los factores de vertimiento (Ver Anexo 3, numeral 12.3), con el fin de facilitar el manejo e interpretación de dichos datos.
3. A partir de la construcción de la matriz se identificaron falencias de información, en el caso de Mineros S.A no se encontró reporte de los caudales utilizados, bajo la justificación de ser un proceso cerrado y en el caso de Conasfaltos S.A no se reportó la producción de oro, debido a que la actividad económica por ellos registrada es el aprovechamiento de material para construcción. Por lo tanto para el caso de Mineros S.A se tomó como único dato de caudal, el concesionado por parte de la Autoridad Ambiental competente (18 l/s) y para el caso de Conasfaltos S.A, se utilizó la información por ellos reportada de consumo de mercurio y el porcentaje del mismo en la amalgama. (Ver Anexo 4, numeral 12.4.1).

4. Dado lo anterior, se construyeron los factores de vertimiento, aplicando la Ecuación 3 de Ríos, J. A., et. al, 2010, ésta ecuación fue adoptada por ser la única que considera periodos de tiempo productivo y caudal, lo cual nos permite igualar las unidades de tiempo, es decir, si se toman datos de producción mensual (Kg.oro /mes), el caudal reportado será en metros cúbicos por mes (m^3 /mes).

Fase 2. Método inductivo

1. Una vez elaborados los factores de vertimiento, pueden ser aplicados posteriormente por la ANLA o quien lo requiera (en procesos futuros) a diferentes proyectos con características similares, partiendo de lo particular a lo general, bajo un concepto de regionalización, con el fin de poder evaluar la oferta del recurso y la demanda de posibles proyectos solicitantes de licencia que ejerzan influencia en la misma zona geográfica.

Ver Anexo 1, ilustración 5. METODOLOGÍA.

8. RESULTADOS

8.1. Cálculos

La información utilizada para los siguientes cálculos fue tomada de los expedientes de las licencias ambientales, las cuales reposan en el archivo de la ANLA (ver anexo 3, numeral 12.3. Información de los estudios de caso, tabla 4 Mineros S.A y tabla 5 Conasfaltos S.A).

Para la construcción de los factores de vertimientos se aplicó la Ecuación 3 de Ríos, J. A., et. al, 2010, dado que considera periodos de tiempo productivo y caudal, lo cual nos permite igualar las unidades de tiempo, es decir que toma datos de producción mensual (Kg oro/mes) y el caudal en metros cúbicos por mes (m³/mes).

En el cálculo del factor de vertimiento de DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos Totales y Aceites y Grasas (máximo, mínimo y promedio) se aplicó la siguiente ecuación, siendo 2,592 el factor de conversión de unidades (ver anexo 4, numeral 12.4.2.) y los valores de concentración, caudal y producción (máximo, mínimo y promedio) fueron tomado de la información aportada por cada una de la empresas (ver anexo 3, numeral 12.3. Información de los estudios de caso, tabla 4 Mineros S.A y tabla 5 Conasfaltos S.A).

Ejemplo:

Aplicando la información obtenida de los estudios de caso (ver tabla 4 Mineros S.A), se toman los valores de caudal, DBO₅, y producción (promedio) y se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{factor de vertimiento} = \left(\frac{\text{concentración} * \text{caudal}}{\text{producción}} \right)$$
$$\text{factor de verimiento DBO}_5 \text{ promedio} = \frac{50,12 \frac{mg}{l} * 54 \frac{l}{s}}{251,3 \frac{kg \text{ oro}}{mes}} * 2,592 = 27,92 \frac{kg \text{ DBO}_5}{kg \text{ oro}}$$

En el cálculo del factor de vertimiento de Mercurio (máximo, mínimo y promedio) se aplicó la siguiente formula, siendo 2592 el factor de conversión de unidades (ver anexo 4, numeral 12.4.2.)

Ejemplo:

Aplicando la información obtenida de los estudios de caso (ver tabla 4 Mineros S.A), se toman los valores de caudal, Hg, y producción (promedio) y se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{factor de vertimiento} = \left(\frac{\text{concentración} * \text{caudal}}{\text{producción}} \right)$$

$$\text{factor de verimiento Hg promedio} = \frac{0,11 \frac{mg}{l} * 54 \frac{l}{s}}{251,3 \frac{kg \text{ oro}}{mes}} * 2592 = 61,46 \frac{kg \text{ Hg}}{kg \text{ oro}}$$

8.2. Resultados

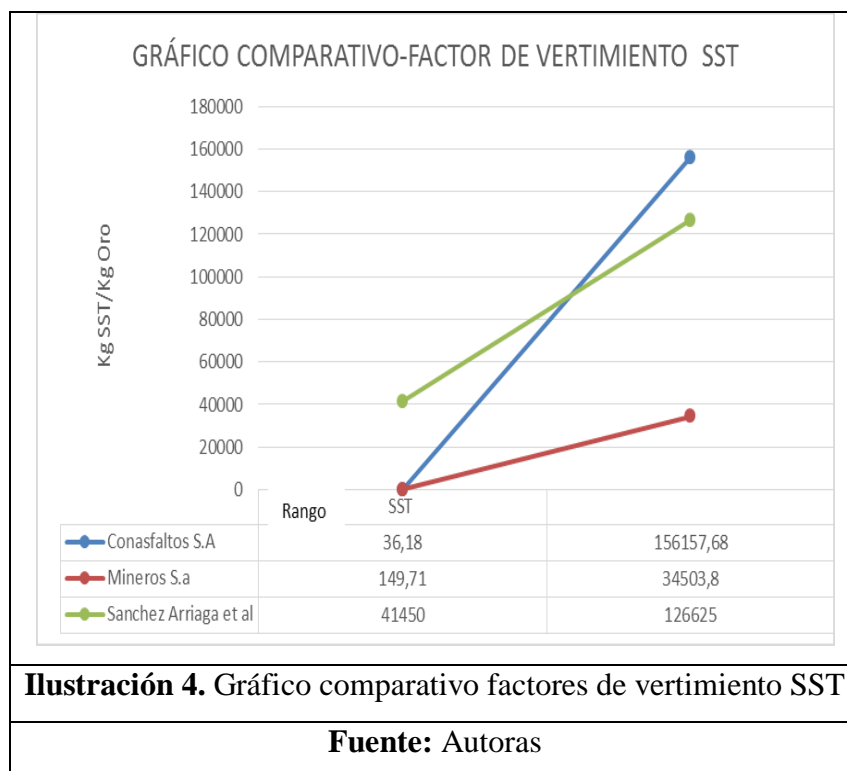
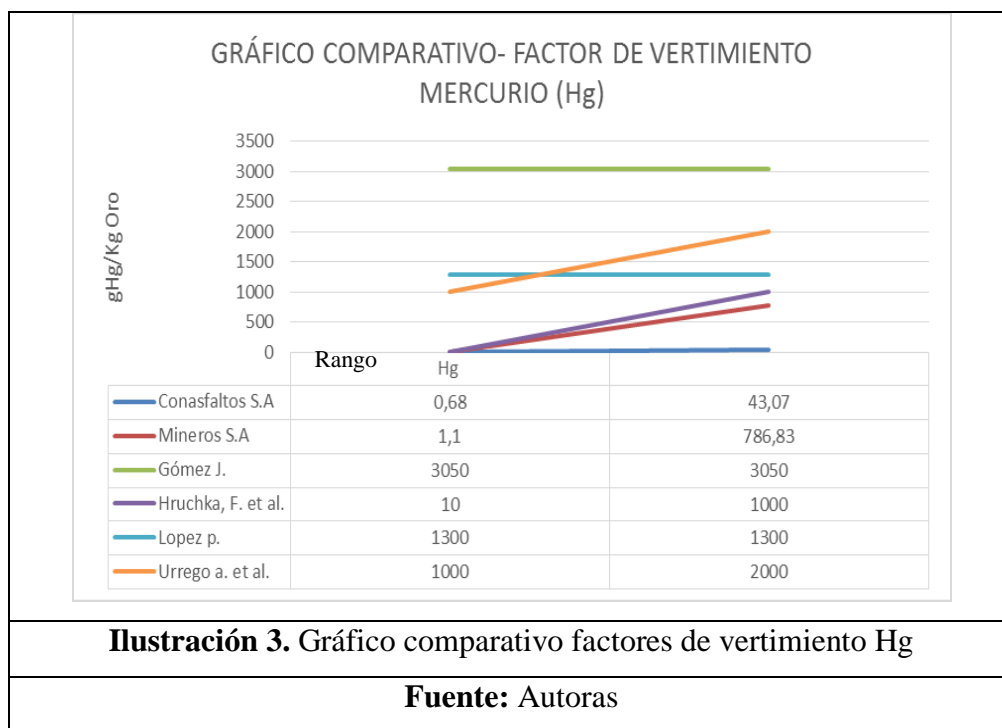
A continuación de se presenta los factores de vertimiento para Mineros S.A y Conasfaltos S.A, los cuales de hallaron con base en la anterior información y cálculos.

FACTORES DE VERTIMIENTO											
EMPRESA	TIPO	DBO ₅		DQO		SST		Hg		G y A	
	UNIDADES	Kg DBO ₅ /Kg Oro		Kg DQO/Kg Oro		Kg SST/Kg Oro		g Hg/Kg Oro		Kg G y A/Kg Oro	
Conasfaltos S.A (Terraceo)	Max	385,46		779,63		156157,68		43,07		5,17	
	Min	3,78		42,80		36,18		0,68		0,50	
	Promedio	115,20		373,39		43282,98		14,57		2,71	
RANGO FACTOR DE VERTIMIENTO		3,78	385,46	42,80	779,63	36,18	156157,68	0,68	43,07	0,50	5,17
Mineros S.A (Dragado)	Max	138,50		973,80		34503,80		786,83		-	
	Min	2,38		1,10		149,71		1,10			
	Promedio	27,91		138,50		8260,14		61,46			
RANGO FACTOR DE VERTIMIENTO		2,38	138,50	1,10	973,80	149,71	34503,80	1,10	786,83		
Tabla 2. Resultados factores de vertimiento											
Fuente: Autoras											

Con el fin de poder cotejar los valores obtenidos en la tabla anterior, se realizó una revisión bibliográfica en donde se encontraron los siguientes factores de vertimiento de mercurio y de sólidos suspendidos totales en la extracción de oro (ver tabla 3), es importante aclarar que los autores citados obtuvieron los valores, abajo mencionados, a partir de investigaciones que se basan en la recolección de datos bibliográficos de procesos, por ende los resultados por ellos obtenidos no han sido corroborados con datos de caracterizaciones de aguas debido a la falta de datos históricos, de manera que mantienen un grado de incertidumbre apreciable:

Tabla 3. Revisión bibliográfica de factores de vertimiento		
Fuente	Hg	SST
	g Hg/Kg oro	Kg SST/Kg oro
Sánchez Arriaga, D. E. & Cañón Barriga, J.E. (2010),	-	41450-126625
Gómez, J. (2002).	3050	-
Hruchka, F., Wotruba, H. & Priester, M. (2002)	10 -1000	-
López, P. (2002)	1300	-
Urrego, A. & Díaz, J. (2008)	1000 - 2000	-

A continuación se muestra los gráficos en donde se cotejan los factores de vertimiento (rangos) bibliográficos con los obtenidos en esta investigación para Mineros S.A y Conasfaltos S.A.



8.3. Análisis de resultados

- A partir de la revisión de los procesos productivos se pudo hallar la influencia que tienen las diferentes etapas del proceso en el aporte de cargas contaminantes: En la extracción y trituración de material generan gran aporte de sólidos suspendidos totales, en la etapa de amalgamación en sus diferentes fases se puede producir pérdidas de mercurio ya sea por mala manipulación, en sus colas o en el lavado de materiales y equipos, por último en el mantenimiento de maquinaria en especial sobre la barcaza puede suministrar aportes de aceites y lubricantes.
- La identificación de las cargas contaminantes fue limitada debido a que gran parte de la información suministrada no contaba con una descripción del punto de donde se estaban tomando las muestras y por esta razón no existen información histórica a la cual se le pueda hacer una trazabilidad de su comportamiento en el tiempo. Para proceso extractivo por terrazas (Conasfaltos S.A.) no se encontró reporte de información de producción basándose en que la extracción de oro no es su actividad principal, como también con la empresa Mineros S.A (Dragado) que no realizan mediciones de caudal y tampoco tratamiento de sus vertimientos, basándose en que su proceso es un ciclo cerrado, en el cual no se hace aporte alguno al agua, justificando su acción en que el Río Nechí se encuentra contaminado y ellos no pueden diferenciar su aporte en el mismo.
- En la tabla 2 se muestran los factores de vertimiento contruidos a partir de la información recolectada de los expedienten que se encuentran en la ANLA, los cuales presentan diferencias dado que los procesos productivos son diferentes, ya que Mineros S.A realiza la extracción de material con dragas sobre el rio y Conasfaltos S.A realiza la extracción en la llanura de inundación formando taludes. Sin embargo podemos observar que en los dos casos de estudio los parámetros más significativos son SST y Hg.
- Con respecto al rango de factor de vertimiento dado por Sánchez Arriaga, D. E. & Cañón Barriga, J.E., para SST podemos encontrar valores comunes con el factor obtenido para proceso extractivo por terrazas, siendo este último un rango más amplio (tanto en valores inferiores, como superiores), lo que da como resultado que el rango obtenido para

proceso extractivo por terrazas tenga un valor de factor de vertimiento inferior y superior con respecto a la bibliografía.

- El rango obtenido para SST en el proceso extractivo por dragado es inferior a los rangos reportados por Sánchez Arriaga, D. E. & Cañón Barriga J.E., y el hallado para el proceso extractivo por terrazas.
- Con respecto al rango de factores de vertimiento obtenido para mercurio (Hg) se encontraron valores comunes tanto para el proceso extractivo por terrazas como para el dragado, siendo estos significativamente inferiores, como también congruentes con los valores aportados por Hrushka, F., obteniendo un rango en común de 10- 43,07 g Hg/Kg. Oro.
- Los valores obtenidos para el proceso extractivo por dragado y el reportado por Hrushka, F. tiene en común el rango establecido entre 10 y 786,83 g. Hg/Kg. Oro.
- Con respecto a los demás autores (Wotruba, H. & Priester, M., Gómez, López y Urrego et al), no se encontraron similitudes en los valores obtenidos, siendo estos significativamente superiores con respecto a los casos de estudio, los cuales están sujetos al proceso productivo, el uso de tecnologías diferentes y condiciones geológicas distintas.

9. CONCLUSIONES

- Independientemente del proceso productivo llevado a cabo para la extracción de oro, las fases de mayor interés ambiental debido a los aportes de cargas contaminantes generadas son: extracción y trituración del material y la amalgamación.
- Dadas las diferencias en los sistemas productivos de las dos empresas objeto de estudio, se hallaron dos rangos de factores de vertimientos, uno para cada tipo de proceso, obteniendo como resultado factores de vertimiento para terraceo; 3.78 – 385.46 Kg DBO₅ /Kg Oro, 42.80 – 779.63 Kg DQO /Kg Oro, 36.18 – 156157.68 Kg SST /Kg Oro, 0.68 – 43.07 g Hg /Kg Oro y 0.50 – 5.17 Kg G y A /Kg Oro y para dragado; 2.38 – 138.50 Kg DBO₅ /Kg Oro, 1.10 – 973.80 Kg DQO /Kg Oro, 149.71 – 34503.80 Kg SST /Kg Oro y 1.10 – 786.83 g Hg /Kg Oro.
- No es posible aseverar los aportes que realizan de DBO₅ y DQO ya que no se conoce la calidad del agua que captan para el proceso, en cuanto SST para el proceso extractivo por terrazas corresponden, según la bibliografía, a valores altos para la actividad, mientras que el proceso por dragado no supera el valor mínimo establecido por la bibliografía, los valores para mercurio en ninguna de las empresas se acerca a los umbrales propuestos en la bibliografía como altos, pero no por eso significa que no sean importantes considerando los impactos al medio ambiente y a la salud que esta sustancia genera, por último Conasfaltos S.A. es el único que presenta monitoreos para aceites y grasas, los cuales son importantes teniendo en cuenta que se pueden evitar haciendo un correcto mantenimiento de la maquinaria y equipos.
- Los factores de vertimiento hallados presentan un punto de partida para que la Autoridad Ambiental identifique falencias en la solicitud de la información requerida para la alimentación los mismo, los cuales sirven como instrumento de evaluación y seguimiento no solo de estos proyectos, sino también de proyectos con similar proceso productivo que no estén licenciados y sean necesarios para poder tener una perspectiva regional del estado y disponibilidad del recurso hídrico.

- La información suministrada por las empresas a la ANLA, no presenta la calidad y cantidad requerida para la construcción de los valores de factor de vertimiento más objetivos, ya que no es posible tener una trazabilidad de los datos pues la poca información suministrada no permite evaluar la integralidad del factor dado que no se suministraba información referente a ubicación geográfica, importancia en el proyecto y caracterizaciones completas de los puntos monitoreados.

10. RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta la investigación de Iglesias León, S. & Gonzáles Torres, M. (2000), sobre la evaluación de los impactos ambientales al recurso hídrico por la explotación y aprovechamiento de minerales de oro mediante dragas en el río Yaguas - cuenca del río Putumayo, se recomienda hacer un monitoreo sobre los sedimentos, ya que en la investigación se comprueba el fundamento teórico sobre la capacidad del mercurio a sedimentarse, por lo cual al medirse únicamente en agua se puede estar registrando un valor errado del mismo.
- Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere implementar el programa de monitoreo (ver anexo 5, numeral 12.5.), debido a la falta de información a la cual se le pueda realizar una trazabilidad en el tiempo. El programa contiene información de presupuestos, cronograma, consideraciones de cómo seleccionar los puntos de monitoreo de vertimientos y sedimentos y los análisis fisicoquímicos necesarios para la construcción de factores de vertimiento, teniendo en cuenta el real aporte del proceso. Es necesario considerar que a pesar de que no se encontraron puntos de descargas dentro del proceso productivo de DBO₅ y DQO, se determinó que por su importancia ambiental se sigan monitoreando, con base en el principio de precaución hasta que se logre establecer con precisión, por medio de datos históricos recolectados con este programa, si se hacen aportes o no.
- Así mismo es imprescindible que la Autoridad Ambiental solicite información detallada del proceso productivo (extracción, beneficio y aprovechamiento), cantidad de producción de las empresas, tipo de tratamientos de las aguas residuales industriales, caudales tratados y vertidos, descripción y georeferenciación de los puntos de muestreo, ya que estos datos son necesarios en la construcción de estos factores de vertimiento.
- Con base a que Conasfaltos S.A. no suministra valores de producción de oro, es importante que la Autoridad Ambiental solicite información de producción de las actividades desarrolladas en la zona (así esta no sea la actividad principal), como también

del proceso productivo y aprovechamiento de los recursos por parte de la empresa solicitante de licencia ambiental.

11. BIBLIOGRAFÍA

Duque Montoya, B., González Castrillón, E.M. & Calle, L. (s.f.) Política de promoción del país minero (pág. 47-48, 84). Recuperado el 28 de agosto de 2013

http://www.minminas.gov.co/minminas/minas.jsp?cargaHome=3&id_categoria=110

Gómez, J. (2002). Riesgos potenciales de la alteración de la calidad ambiental de la extracción y beneficio de oro en la cuenca Magdalena – Cauca. Trabajo de tesis. IDEA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. (pág. 102).

Hruchka, F., Wotruba, H. & Priester, M. (2002). Manejo ambiental en la pequeña minería. GAMA – COSUDE. Recuperado el 15 de octubre de 2013 www.gama-peru.org/libromedmin/index.html

Iglesias León, S. & Gonzáles Torres, M. (2000), Evaluación de las condiciones e impactos ambientales de la explotación y aprovechamiento de minerales de oro mediante dragas en el río Yaguas - cuenca del río Putumayo. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas. Vol. 3 No. 006. Perú. Recuperado el 20 de octubre de 2013

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v03_n6/evaluacion.htm

Maldonado, J. M., et al, (2002) Ministerio Del Medio Ambiente, Diagnóstico y proyecciones de la gestión minero ambiental para las regiones auríferas de Colombia. Recuperado el 15 de junio de 2013 <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/Gestion%20minero%20ambiental.pdf>

Martínez Torres, H. (sin fecha) Ministro de Minas y Energía Políticas sectoriales (pág. 1). Recuperado el 10 de septiembre de 2013 http://www.minminas.gov.co/minminas/minas.jsp?cargaHome=3&id_categoria=110

Ministerio de Minas y Energía. Glosario Técnico Minero (sin fecha). Recuperado el 03 de noviembre de 2013. <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Minas/Glosario%202.pdf>

Newman, G.D. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. Laurus Vol.12. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.

Licencia ambiental - LAM 0806 Mineros S.A

Licencia ambiental - LAM 4567 Conasfaltos S.A

López, P. (2002). Propuesta de prevención y manejo de la contaminación por mercurio en la región de la Mojana. Programa de desarrollo sostenible de la región de la Mojana. Informe final de consultoría. FAO. Bogotá. (pág. 62). Recuperado el 20 de octubre de 2013 <http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/MedioAmbiente/PREVENCIN%20Y%20MANEJO%20CONTAMINACIN%20POR%20MERCURIO.pdf>

Rengifo, F., Quintero Rojas, G. E. & Junguito Camacho E., et al, (dic, 2012), ABC minero, Documento de apoyo para el proceso de consulta previa del “proyecto de ley por medio del cual se reforma el código de minas y se dictan otras disposiciones”. Ministerio de Minas y Energía (pág. 5-6). Recuperado el 5 de octubre de 2013

<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Minas/CartillaMineraApoyoConsultaPrevia%201dic12.pdf>

Ríos Arango, J. A, Escobar Paniagua, J. F & Palacio Herrera, I. Guía metodológica para determinar módulos de consumo y factores de vertimiento de agua, publicación del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Primera Ed Medellín, Colombia diciembre de 2010, ISBN 978-958-44-7731-6.

Romero Rojas, J. A. (2009) Calidad del Agua, Escuela Colombiana de Ingenieros. Ed 3.

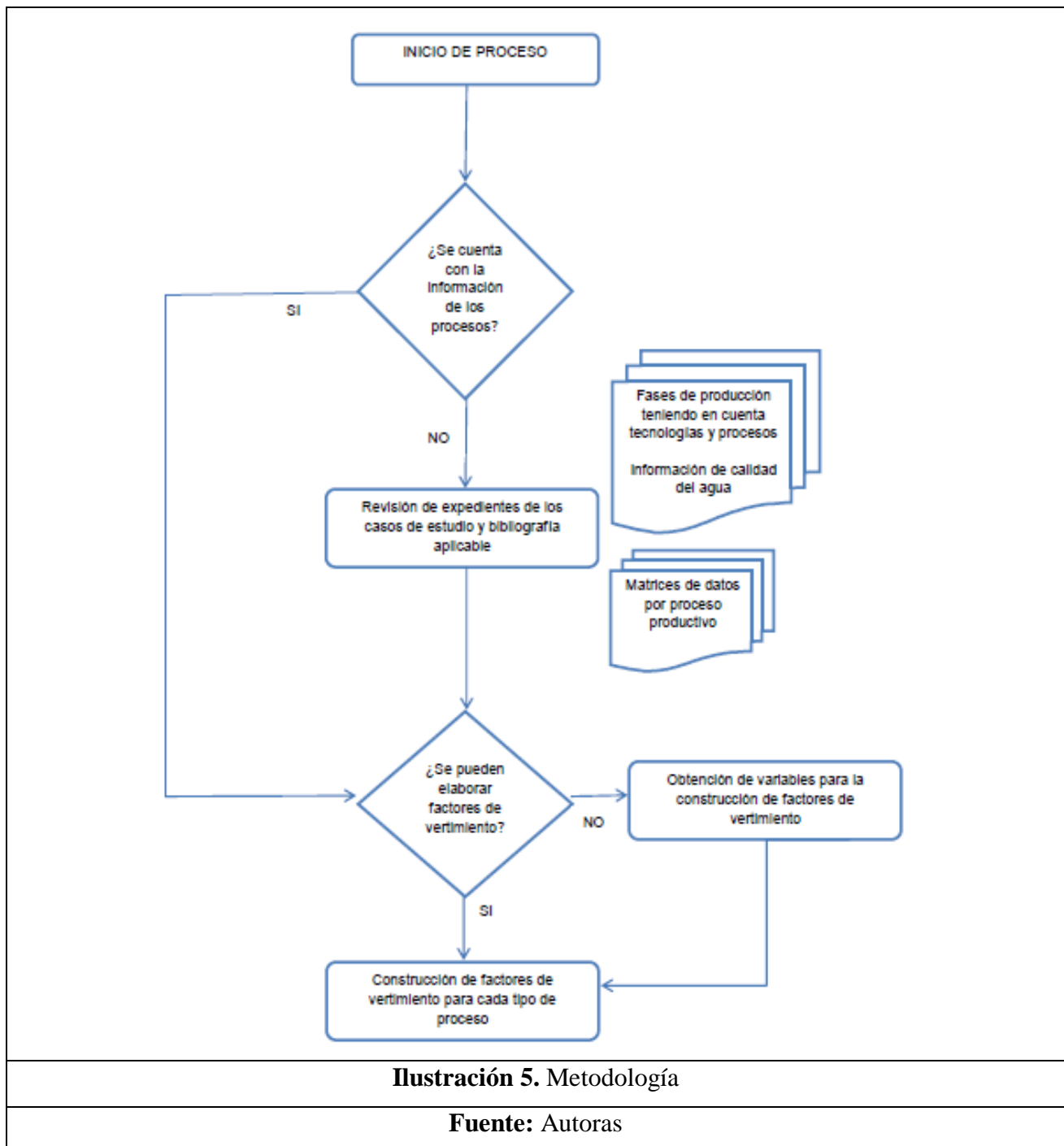
Sánchez Arriaga, D. E. & Cañón Barriga, J.E. (2010), Análisis documental del efecto del vertimientos domésticos y mineros en la calidad del agua del río Condoto, Choco Colombia. Revista Gestión y ambiente. Vol. 13, No. 3. ISSN 0124.177x. (pág. 115-130).

Sierra Ramírez, C. A. (2011) Calidad del agua, Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Ed1. ISBN 978-958-8692-06-7. Pág. 32

Urrego, A. & Díaz, J. (2008). Evolución y evaluación de la contaminación antrópica por el uso del mercurio en minería: Caso noreste Antioqueño. Monografía para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería. Medellín. (pág. 112).

12. ANEXOS

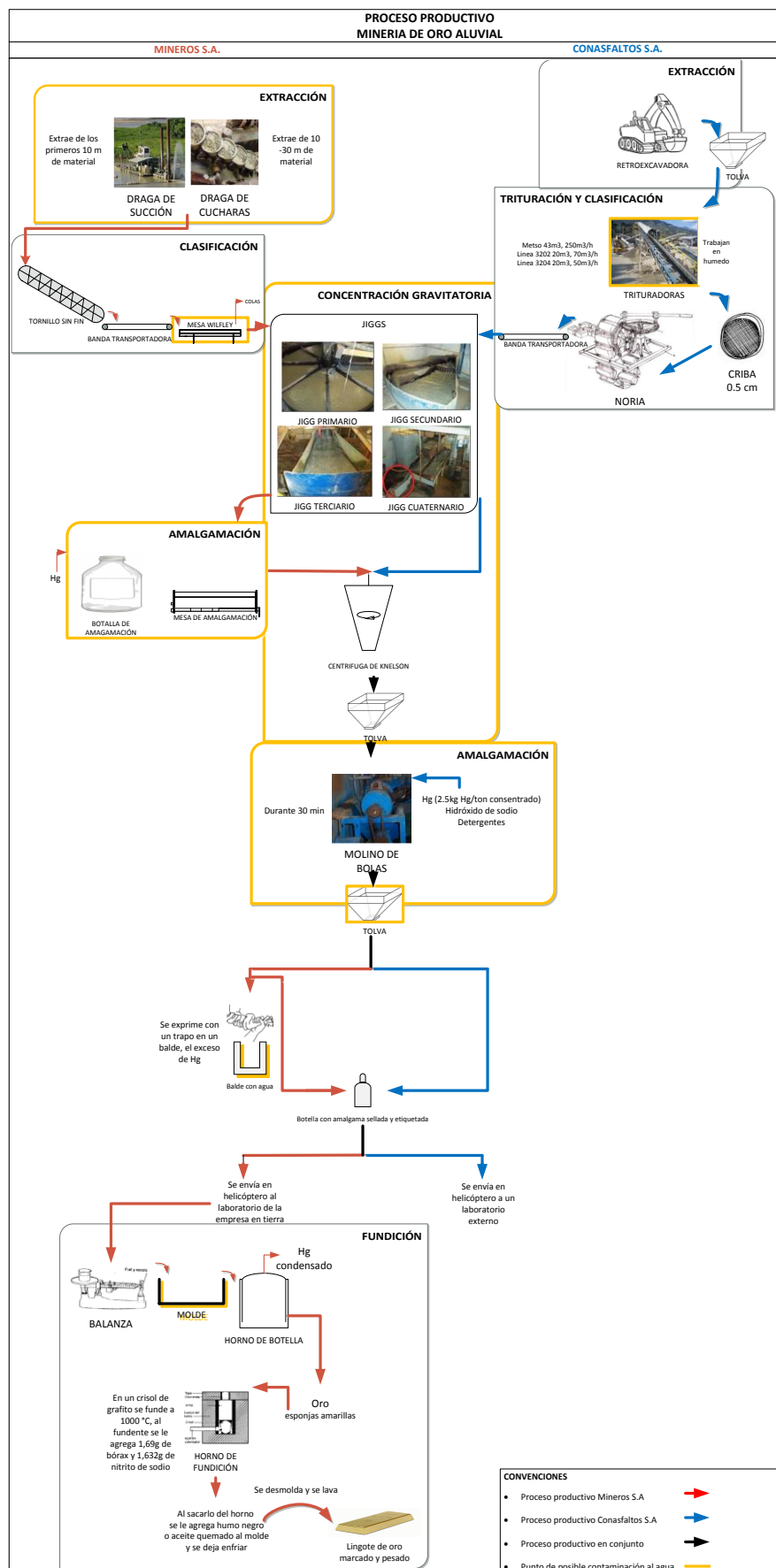
12.1. ANEXO 1. METODOLOGÍA



12.2. ANEXO 2. PROCESO PRODUCTIVO

Ilustración 6. Proceso productivo

Fuente: Autoras



12.3. ANEXO 3. INFORMACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CASO.

12.3.1. Mineros S.A

Tabla 4. Información Mineros S.A

Fuente: Autoras

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
sep-11				concepto técnico de seguimiento ANLA	lca 10 anexos											316,3
jun-11				concepto técnico de seguimiento ANLA	lca 10 anexos											229,72
ene - dic 2011				concepto técnico de seguimiento ANLA	lca 10 anexos											270,17
Dic 12 de 2004	Efluente beneficio de oro				Seguimiento plan de manejo ambiental de la explotación por dragado en el rio Nechí, periodo del informe sep. 2004-febr. 2005								0,0133			
Dic 12 de 2004	Canal de entrada a la poza draga 10				Seguimiento plan de manejo ambiental de la explotación por dragado en el rio Nechí, periodo del informe sep. 2004-febr. 2005								0,32			

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
Dic 12 de 2004	Canal salida de la draga 10				Seguimiento plan de manejo ambiental de la explotación por dragado en el rio Nechí, periodo del informe sep. 2004-febr. 2005								0,26			
Dic 12 de 2004	Al lado de la draga 10				Seguimiento plan de manejo ambiental de la explotación por dragado en el rio Nechí, periodo del informe sep. 2004-febr. 2005								0,2			
Dic 12 de 2004	Zona operación draga 14				Seguimiento plan de manejo ambiental de la explotación por dragado en el rio Nechí, periodo del informe sep. 2004-febr. 2005								0,18			
Dic 12 de 2004	Poza dejada por la draga 3				Seguimiento plan de manejo ambiental de la explotación por dragado en el rio Nechí, periodo del informe								0,14			

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
					sep. 2004-febr. 2005											
2000					Carpeta 3 expediente, Concepto técnico 465 del 24 de mayo de 2001										1410000	
2012					Carpeta 11 expediente, Informe anual de reservas año 2011, planeación de la explotación y exploración año 2012										2166666,66	
2011					Carpeta 11 expediente, Informe anual de reservas año 2011, planeación de la explotación y exploración año 2012										1719584,5	235,66
ene-may 2007					ICA enero-junio 2007, anexo 6											274,07
21-mar-07	canal de salida de la draga 3 - 5				ICA enero-junio 2007, anexo 6		47,16		5,6		136		1,818			

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
21-mar-07	canal de salida de la draga 10 -14				ICA enero-junio 2007, anexo 6		111		1		850		0,002			
21-mar-07	Al lado de la draga 10 -14				ICA enero-junio 2007, anexo 6		320		7		22340		0,91			
2007					Informe anual de reservas año 2007, planeación de la explotación y exploración año 2008										812466,166	127,15
jul-05-2011	841WER15 CANALON DERECHO D3	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		2,17		415		6150		0,02			
jul-05-2011	841WER16 CANALON IZQUIERDO D3	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		2,16		578		11595		0,016			
jul-05-2011	841WEC22 AL LADO D16	Integrado		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		7,99		26,7		6254		0,001			
jul-05-2011	841WER24 CANALOS DERECHO D16	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		12,9		724		18233		0,002			
jul-05-2011	841WER25 CANALON IZQUIERDO D16	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		6,12		859		19087		0,001			
jul-05-2011	841WEC30 AL LADO 10	Integrado		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		4,3		149		2069		0,001			

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
jul-05-2011	841WER32 CANALON DERECHO D10	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		82,2		529		11512		0,003			
jul-05-2011	841WER33 CANALON IZQUIERDO D10	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		82,2		604		11239		0,005			
jul-05-2011	841WEC36 AL LADO D14	Integrado		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		86,1		2250		10236		0,002			
jul-05-2011	841WEC37 CANA SALIDA D14	Integrado		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		6,31		76,5		1335		0,001			
jul-05-2011	841WER39 CANALON DERECHO D14	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		74,8		1102		50012		0,004			
jul-05-2011	841WER40 CANALON IZQUIERDO D14	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		63,4		830		23992		0,001			
jul-05-2011	841WER41 CANAOS DERECHO D5	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos						4676		0,002			
jul-05-2011	841WER42 CANALOS IZQUIERDO D5	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos						9627		0,006			
abr-27-2011	224WER15 CANALON DERECHO D16	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		5,49		190		4547		0,003			

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
abr-27-2011	224WER16 CANALON IZQUIERDO D16	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		4,41		277		6909		0,004			
abr-27-2011	224WEC17 CANAENTREDA D16	Integrado		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		5,14		173		21292		0,002			
abr-27-2011	224WEC19 AL LADO D16	Integrado		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		22		738		79722		0,006			
abr-27-2011	224WER29 CANALON DERECHO DRAGA 3	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		12,2		1205		14394		0,003			
abr-27-2011	224WER30 CANALON IZQUIERDO DRAGA 3	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		21,6		1035		10172		0,003			
abr-27-2011	224WER31 CANALON DERECHO DRAGA 10	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		9,28		586		8132		0,006			
abr-27-2011	224WER32 CANALON IZQUIERDO DRAGA 10	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		16,4		709		9721		0,007			
DIC-07-2011	1749WER14 CANALON IZQUIERDO DRAGA 3	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		26,9		224		6177		0,004			
DIC-07-2011	1749WER15 CANALON DERECHO DRAGA 3	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		24,9		216		5995		0,004			

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
DIC-07-2011	1749WER21 CANALON IZQUIERDO DRAGA 14	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		299		1872		22449		0,009			
DIC-07-2011	1749WER22 CANALON IZQUIERDO DRAGA 14	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		40,1		918		16288		0,007			
DIC-07-2011	1749WEC23 A LADO DRAGA 14	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos		7,08		1155		12981		0,006			
DIC-07-2011	1749WER34 CANALON IZQUIERDO D16	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos						25530					
DIC-07-2011	1749WER35 CANALON DERECHO D16	Compuesta		Laboratorio de calidad ambiental de corantioquia	Ica 10 anexos						20917					
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11	54,00										269,75
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											267,51
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											295,68
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											269,8
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											282,8
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											266,2
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											277,09
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											269,68

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											261,51
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											265,06
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											238,33
enero-diciembre 2012					Informe completo ICA 11											233,91
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											271,31
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											281,91
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											268,83
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											230,56
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											281,84
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											229,72
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											260,23
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											287,12
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											316,3
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											296,75
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											280,61
enero-diciembre 2011					Informe completo ICA 10											236,88

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											246,7
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											225,5
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											188,7
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											268,9
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											258,8
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											237,8
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											203,4
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											219,5
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											266,6
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											308,5
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											254,8
enero-diciembre 2010					Informe ICA 9											214,5
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											254,4
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											289,9
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											292,5
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											297,3

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											323,4
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											233,4
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											252,5
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											245,8
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											192,6
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											225
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											225
enero-diciembre 2009					Informe ICA 8											251,3
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											201,55
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											248,44
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											242,67
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											237,69
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											215,2
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											223,89
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											219,77
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											220,45

FECHA DE MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFIA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	MERCURIO mg/l	Carga contaminante Hg kg/día	MATERIAL REMOVIDO M3/MES	PRODUCCION DE ORO Kg/MES
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											233,21
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											260,5
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											245,58
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											259,72
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											227,19
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											234,01
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											223,25
julio 2007-diciembre 2008					Informe ICA 7											228,56
Ver. Mínimos						54,00	2,16	10,08	1,00	4,67	136,00	634,52	0,001	0,005	812466,17	127,15
Ver. Máximos						54,00	320,00	1492,99	2250,00	10497,60	79722,00	371950,96	1,818	8,482	2166666,66	323,40
Promedio						54,00	50,12	233,83	623,39	2908,47	14830,28	69192,16	0,110	0,515	1527179,33	251,30
Desviación estándar							79,68		556,49		15430,18		0,336		568773,45	33,57
Unidades factor de vertimiento							KgDBO5/Kg Oro		KgDQO/Kg Oro		KgSST/Kg Oro		gHg/Kg Oro			
Factor de vertimiento					Promedio		27,91		347,21		8260,14		61,46			
					Vr. min		2,38		1,10		149,71		1,10			
					Vr. máx.		138,50		973,80		34503,80		786,83			

12.3.2. Conasfaltos S.A

Tabla 5. Información Conasfaltos S.A

Fuente: Autoras

PUNTO DE MONITOREO	FECHA DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOREO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFÍA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	GRASAS Y ACEITES mg / l	carga contaminante G y A Kg/día	MERCURIO mg/l	MATERIAL REMOVIDO TON/MES	PRODUCCIÓN DE ORO kg/mes
canal salida agua industrial conasfaltos	28 - 30 de marzo 2011	simple 25 muestras	7 horas	asihassas	Ica 2 junio 2011	244,99					12373						
	enero-abril 2011				Ica 2 junio 2011	343										144448	
antes de tratamiento	1 de abril 2011	integrada	8 horas	unipontificia bolivariana	Ica 2 junio 2011	304	66,74	584,32	143,86	1259,52	12470	109177,34	1,2	10,51	0,000686		
caudal vertido	1 de abril 2011	integrada	8 horas	unipontificia bolivariana	Ica 2 junio 2011	46,4	16,11	21,53	43	57,46	36,35	48,58	0,9	1,2			
CANAL INDUSTRIAL	MAYO-18-2012	integrada y compuesta		unipontificia bolivariana	ANEXO PA1a 4.1.- ICA 1a- CD MINISTERIO	344,187	18,13	359,43	62,3	1235,11	12223	242322,87	0,87	17,18			
CANAL INDUSTRIAL	SEP-16-2011	integrada y compuesta		unipontificia bolivariana	ANEXO 1aPA02-4.1-ICA 1a- CD MINISTERIO	192,22	3,8	42,07	43	476,09	3466	38375,11	0,5	8,3			
CANAL INDUSTRIAL	ABR-4-2013	integrada y compuesta		unipontificia bolivariana	ANEXO 1aPA02-4.1-ICA 5	311,16	6,29	112,73	176,9	3170,51	11091	198779,56	0,55	9,86			
	jun- oct 2011				ANEXO 1aPA02-2.1 recurso hídrico											144704	
AGUAS INDUSTRIALES	SEP-20-2010	integrada y compuesta		unipontificia bolivariana	ANEXO 1aPA02-4.1-ICA 1(respuesta observaciones)	230,7	89,49	594,51	181	1202,44	36254	240847,54	0,7	4,65			
	26703/2007			INGEAGUAS	401747_20105102 010 10 Conasfaltos LAM4567	88,13									0,01		

PUNTO DE MONITOREO	FECHA DE MONITOREO	TIPO DE MUESTRA	DURACIÓN DE MONITOR EO	EMPRESA QUE MONITOREA	BIBLIOGRAFÍA	caudal l/s promedio	DBO 5 mg o2 / l	carga contaminante DBO Kg/día	DQO mg o2 / l	carga contaminante DQO Kg/día	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES mg/l	carga contaminante SST Kg/día	GRASAS Y ACEITES mg / l	carga contaminante G y A Kg/día	MERCURIO mg/l	MATERIAL REMOVIDO TON/MES	PRODUCCIÓN DE ORO kg/mes
					544094_201297exp . 4567- CONASFALTO	75,38									0,002		
					564164_2013121A UTO SEGUIMIENTO												120,82
					564164_2013121A UTO SEGUIMIENTO												207,12
Vr. Mínimos						46,40	3,80	21,53	43,00	57,46	36,35	48,58	0,50	1,20	0,0007	144448,00	120,82
Vr. Máximo						344,19	89,49	594,51	181,00	3170,51	36254,00	242322,87	1,20	17,18	0,0100	144704,00	207,12
Promedio						218,02	33,43	285,77	108,34	1233,52	12559,05	138258,50	0,79	8,62	0,0042	144576,00	163,97
Desviación estándar						113,45	35,78	264,21	66,18	1068,68	11570,53	104824,70	0,26	5,46	0,0050	181,02	61,02
Unidades factor de vertimiento							KgDBO5/ Kg Oro		KgDQO/ Kg Oro		KgSST/Kg Oro		KgGyA/ Kg Oro		gHg/Kg Oro		
Factor de vertimiento					Promedio		115,20		373,39		43282,98		2,71		14,57		
					Vr. Min		3,78		42,80		36,18		0,50		0,68		
					Vr. Max		385,46		779,63		156157,68		5,17		43,07		

12.4. ANEXO 4. CÁLCULOS

12.4.1. Cálculos de producción Conasfaltos SA.

La siguiente información fue tomada del expediente LAM 4567 de Conasfaltos S.A, 468885_20119234567-seguimiento_ (1020) _conasfaltos, Auto. “**Por el cual se efectúa un seguimiento y control ambiental**”

amalgama = 35% – 60% oro

$$2.5 \frac{\text{Kg Hg}}{\text{Ton concentrado}}$$

$$863 \frac{\text{g Hg}}{\text{mes}}$$

$$\text{consumo} = \left(863 \frac{\text{g Hg}}{\text{mes}} \right) * \left(\frac{1\text{Kg}}{1000\text{g}} \right) = 0,863 \frac{\text{Kg Hg}}{\text{mes}}$$

$$\frac{0,8631 \frac{\text{Kg Hg}}{\text{mes}}}{2.5 \frac{\text{Kg Hg}}{\text{Ton Concentrado}}} = 0,3452 \frac{\text{Ton concentrado}}{\text{mes}}$$

$$0,3452 \frac{\text{Ton concentrado}}{\text{mes}} * \frac{35\% \text{ oro}}{100\% \text{ Concentrado}} =$$

$$0,12082 \frac{\text{Ton oro}}{\text{mes}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} = 120,82 \frac{\text{Kg oro}}{\text{mes}}$$

$$0,3452 \frac{\text{Ton concentrado}}{\text{mes}} * \frac{60\% \text{ oro}}{100\% \text{ Concentrado}} =$$

$$0,20712 \frac{\text{Ton oro}}{\text{mes}} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} = 207,12 \frac{\text{Kg oro}}{\text{mes}}$$

12.4.2. Cálculo factores de conversión utilizados en los factores de vertimiento.

$$\text{factor de conversión DBO, DQO, SST y AyG} = \frac{\frac{\text{mg DBO}}{\text{l}} * \frac{\text{l}}{\text{s}}}{\frac{\text{kg oro}}{\text{mes}}}$$

$$\frac{\left(\frac{\text{mg DBO}}{\text{l}} * \frac{1 \text{ Kg}}{10^6 \text{ mg}} \right) * \left(\frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right)}{\left(\frac{\text{kg oro}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \right)} = 2,592 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{kg de oro}}$$

$$\text{factor de conversión Hg} = \frac{\frac{\text{mg Hg}}{\text{l}} * \frac{\text{l}}{\text{s}}}{\frac{\text{kg oro}}{\text{mes}}}$$

$$\frac{\left(\frac{\text{mg Hg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \right) * \left(\frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right)}{\left(\frac{\text{kg oro}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \right)} = 2592 \frac{\text{g de Hg}}{\text{kg de oro}}$$

12.5. ANEXO 5. PROGRAMA DE MONITOREO

INTRODUCCIÓN

Dada la complejidad de los factores que determina la calidad del agua y la cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos es difícil dar una definición simple de “calidad del agua”. Además, los conocimientos sobre calidad del agua han evolucionado a través del tiempo, a medida que ha aumentado su demanda para diferentes usos y han mejorado los métodos de análisis e interpretación de dichas características.

La contaminación de un ambiente acuático implica la introducción directa o indirectamente de sustancias o energía manipuladas por el hombre, lo cual conlleva a daños en los organismos vivos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimentos de actividades recreativas acuáticas e interferencias sobre actividades económicas como el riego, el abastecimiento de agua para la industria, etc. La descripción de la calidad del agua puede realizarse básicamente de dos formas:

- a.) Midiendo variables fisicoquímicas y biológicas.
- b.) Utilizando índices de calidad de agua.

Ambas formas son aceptadas y las mediciones requeridas pueden ser realizadas en campo o en un laboratorio acreditado, que garantice la correcta medición y calibración de equipos, produciendo diferentes tipos de datos para su posterior interpretación.¹

Es competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA y de las Corporaciones Regionales la recepción e interpretación de la información referente a calidad de agua aportada por las empresas licitadas o autorizadas para ejecutar actividades económicas que generen un impacto negativo en los recursos naturales, de ahí la importancia que dicha información sea confiable y cumpla con parámetros establecidos que faciliten su adecuada interpretación.

El cumplimiento del presente Programa De Monitoreo Y Seguimiento De Vertimientos Industriales Para La Actividad Minera De Oro Aluvial le permitirá a la Autoridad Ambiental

¹ Sierra Ramírez, C. A. (2011) Calidad del agua, Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Ed 1. Pág. 47

generar un histórico de registros que relacione la producción de oro Vs la generación de cargas contaminantes.

12.5.1. OBJETIVOS, METAS E INDICADORES.

Tabla 6. Objetivos, Metas e Indicadores programa de monitoreo		
<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Establecer un mecanismo que permita suministrar datos e información necesaria en la alimentación de factores de vertimiento, con fines de seguimiento y control. 		
Objetivos específicos	Metas	Indicadores
Realizar monitoreos de calidad de agua que suministren información con fines de seguimiento.	Realizar mínimo 3 monitoreos anuales que indiquen la calidad del agua en los puntos de interés	$IGC = \frac{\text{numero de monitoreos realizados}}{\text{monitoreos programados}} * 100$ $IGP = \frac{\text{numero de monitoreos realizados}}{\text{monitoreos programados}} * 100$ $IGV = \frac{\text{numero de monitoreos realizados}}{\text{monitoreos programados}} * 100$
Garantizar el cumplimiento de la norma legal para vertimientos aplicables a la zona de influencia del proyecto.	Reducir mediante tratamiento mínimo el 80% en carga en parámetros como DBO ₅ , DQO, Aceites y grasas y Solidos suspendidos totales y/o El que la Autoridad Ambiental competente determine. (Actual Decreto 1594 de 1984)	$ICDBO5 = \text{Remoción} > 80\% \text{ en carga}$ $ICDQO = \text{Remoción} > 80\% \text{ en carga}$ $ICAYG = \text{Remoción} > 80\% \text{ en carga}$ $ICSST = \text{Remoción} > 80\% \text{ en carga}$
<p><i>IGC= Indicador de gestión en punto de captación, IGP= Indicador de gestión a la salida del proceso productivo, IGC= Indicador de gestión en punto de vertimiento.</i></p>		
<p><i>ICDBO₅= Indicador de cumplimiento en punto de vertimiento para DBO₅, ICDQO= Indicador de cumplimiento en punto de vertimiento para DQO, ICAYG= Indicador de cumplimiento en punto de vertimiento para aceites y grasas, ICSST= Indicador de cumplimiento en punto de vertimiento para sólidos suspendidos totales.</i></p>		
Fuente: Autoras		

12.5.2. PROTOCOLO DE MUESTREO.

12.5.2.1. Monitoreo fisicoquímico del agua en la zona del proyecto

Debido a los impactos ambientales asociados al desarrollo de la actividad minera, es importante tener un control por parte de las entidades involucradas sobre los cuerpos de agua relacionados.

12.5.2.1.1. Características De Monitoreo

- Tipo de monitoreo: Compuesto, se debe tomar muestra cada hora por un periodo de 24 horas, en caso de no cumplir con dicho periodo de operación, se aplicara al periodo de actividades establecido por la empresa
- Frecuencia: Cada 4 meses.

12.5.2.1.2. Características del punto de muestreo

La información del punto de muestreo debe contener como mínimo la siguiente información:

- Descripción del punto de muestreo: localización, ubicación dentro del proyecto, importancia para la caracterización
- Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá
- Codificación, si la tiene.

a. Caracterización en el punto de captación

Dado que se pueden presentar diferentes actividades económicas ubicadas en una misma zona de influencia sobre los cuerpos de agua, es importante conocer las características fisicoquímicas del agua captada antes de cada proceso productivo, con el fin de comparar la calidad de agua captada, con la calidad de agua después del proceso.

a.i. Identificación del punto de muestreo:

El punto de muestreo debe estar ubicado en el mismo punto de captación, el cual debe ser permanente en el tiempo, con el fin de obtener información histórica que permita realizar el seguimiento del mismo y debe estar debidamente georeferenciado.

En caso dado que el punto de muestreo sea móvil, este debe conservar la forma de ser identificado, pero debe esclarecer las características variables (coordenadas y descripción)

b. Caracterización a la salida del proceso productivo

Una vez conocidas las características del agua a la entrada del proceso, es importante caracterizar para hallar las cargas contaminantes a la salida del proceso productivo, antes de ser tratada, con el fin de poder establecer el aporte real de contaminantes realizado por dicha actividad económica.

b.i. Identificación del punto de muestreo:

El punto de muestreo debe estar ubicado a la salida del proceso productivo (draga, canalón y/o conducto de salida), el cual debe ser permanente en el tiempo, con el fin de obtener información histórica que permita realizar el seguimiento del mismo y debe estar debidamente georeferenciado.

En caso dado que el punto de muestreo sea móvil, este debe conservar la forma de ser identificado, pero debe esclarecer las características variables (coordenadas y descripción)

c. Caracterización en el punto de vertimiento.

Una vez realizado el tratamiento a las aguas residuales industriales, se debe corroborar el cumplimiento de la legislación vigente en Colombia, mediante la toma de datos en el/los punto/s de vertimiento a los cuerpos de agua naturales

El cumplimiento ambiental del proceso productivo deberá estar sujeto al cumplimiento ambiental de acuerdo a su fecha de inicio de operación, en este sentido, como la actividad minera es anterior a las normas vigentes, debe dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1594 de 1984, en donde se establecen como mínimo remociones del 80% de carga contaminante. Ante vacío jurídico y técnico de la actual norma (Decreto 3930 de 2010), en donde no se establecen los máximos permisibles, las remociones a efectuar dependerán de lo exigido por la Autoridad Ambiental, Sin embargo se espera que el proceso productivo supere ampliamente la norma debido a la implementación de tecnologías ambientalmente seguras que permitan remover, tanto al final del tubo, como durante su proceso productivo porcentajes de remoción superiores al 90%. Estos porcentajes exigidos dependerán de los requisitos futuros establecidos a partir de la información generada en el seguimiento de los mencionados proyectos.

c.i. Identificación del punto de muestreo:

El punto de muestreo debe estar ubicado a la salida del sistema de tratamiento de aguas, el cual debe ser permanente en el tiempo, con el fin de obtener información histórica que permita realizar el seguimiento del mismo y debe estar debidamente georeferenciado.

En caso dado que el punto de muestreo sea móvil, este debe conservar la forma de ser identificado, pero debe esclarecer las características variables (coordenadas y descripción)

12.5.2.1.3. Aforo de caudal:

El aforo de caudal debe realizarse en los puntos de muestreo descritos previamente, de manera tal que se puedan hallar las cargas contaminantes correspondientes.

El caudal debe ser determinado mediante método volumétrico reportando el valor obtenido en litros por segundo (l/s).

12.5.2.1.4. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos a reportar para dar cumplimiento al presente protocolo (no son excluyentes de presentar los exigidos por la normatividad legal vigente) son:

- DBO₅: Determina la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia orgánica presente en el agua.²
- DQO: Es la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (dicromato en solución ácida)³. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sean de origen orgánico y/o inorgánico
- Sólidos Suspendidos Totales: Sólidos Totales es la expresión que se aplica a los residuos de material que queda en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en la estufa a temperatura definida y son retenidos por un filtro.
- Sólidos Sedimentables: Sólidos en suspensión que pueden removerse mediante sedimentación simple, se pueden determinar de forma gravimétrica o volumétrica.⁴

² Sierra Ramírez, C. A, pág. 75.

³ Romero Rojas, J. A. (2009) Calidad del Agua, Escuela Colombiana de Ingenieros. Ed 3. pág. 186

⁴ Ibíd. pág. 384

- Grasas y Aceites: Se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias poco solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua. Dicho parámetro incluye esteres ácidos grasos de cadena larga. Compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, obstruyendo las tuberías y reduciendo la capacidad de flujo de los ductos⁵.
- Mercurio (Hg): Es un metal pesado líquido a temperatura ambiente. Los compuestos de metilmercurio son muy tóxicos para el sistema nervioso, es cincuenta veces más tóxico que el mercurio inorgánico.⁶

12.5.2.1.5. Equipos y Materiales para la toma de muestras

Para la adecuada toma de muestras se debe contar con los siguientes materiales:

- Elementos de protección personal: gafas, guantes de nitrilo, tapabocas, overol.
- Botella Ámbar de 1 L
- Botella vidrio boca ancha 1 L
- Botella vidrio 1L
- Botella plástica de 300 ml.
- Preservantes (Ver Tabla No 7. Requerimientos especiales para la toma de muestra).
- Rótulos
- Marcador permanente.

⁵ Ibíd. pág. 197

⁶ Ibíd. pág. 361

Tabla 7. Requerimientos especiales para la toma de muestra, programa de monitoreo				
Parámetro	Recipiente	Preservante	Tiempo máximo de conservación	Metodología de análisis
Sólidos suspendidos totales	Plástico 500ml	Refrigeración < 4° C	7 días	Gravimétrica
Grasas y Aceites	Vidrio Boca ancha 1L	H ₂ SO ₄ pH<2 / Refrigeración < 4° C	28 días	Soxlet
DBO ₅	Ámbar 1L	Refrigeración < 4° C	6-24 h	Método Winkler
DQO	Vidrio 1L	H ₂ SO ₄ pH<2 / Refrigeración < 4° C	7-28 días	Espectrofotometría (Reflujo cerrado)
Hg en agua	Plástico 500ml	HNO ₃ / Refrigeración < 4°C	6 meses	Absorción Atómica.
Fuente: Autoras				

12.5.2.1.6. Cálculo de la alícuota

Los valores de caudal permiten calcular la alícuota a considerar por cada muestra puntual recolectada durante el periodo de monitoreo. Se debe considerar estrictamente que el valor de caudal utilizado para la composición final de la muestra es el caudal promedio asociado al día de recolección de la muestra

$$\text{Volumen de la alicuota} = \frac{\text{Caudal puntual (Qi)} * \text{Volumen del recipiente}(1000\text{ml})}{\text{Caudal promedio (Qp)} * \text{numero de muestras}}$$

12.5.2.2. Monitoreo de sedimentos

Dado que el mercurio es un contaminante bioacumulable de alta importancia ambiental por sus efectos en el ecosistema incluyendo al ser humano, es fundamental conocer el aporte real que dicha actividad ejerce en los cuerpos de agua. Teniendo en cuenta las condiciones físicas del

mercurio como metal pesado (alta densidad), es una sustancia fácilmente sedimentable y dadas las condiciones físicas del cuerpo de agua (léntico) aumenta la probabilidad de dicha sedimentación.

La fosa de dragado es una excavación que se lleva a cabo a la ribera del río, mediante una draga de succión y luego es llenada por acción natural del cuerpo de agua, formando un estanque artificial, donde se lleva a cabo el proceso productivo sobre la barcaza.

12.5.2.2.1. Características de muestreo

- Tipo de muestreo: Aleatorio simple
- Frecuencia: Cada 4 meses.

12.5.2.2.2. Punto de muestreo

Dadas las condiciones anteriores se deben establecer diferentes puntos de monitoreo ubicados de forma tal que cubra el área de la fosa, los cuales deben ser permanentes en el tiempo, con el fin de obtener información histórica que permita realizar el seguimiento del mismo y debe estar debidamente georeferenciado.

En caso dado que el punto de muestreo sea móvil, este debe conservar la forma de ser identificado, pero debe esclarecer las características variables (coordenadas y descripción).

12.5.2.2.3. Parámetros

Los parámetros a reportar para dar cumplimiento al presente protocolo (no son excluyentes de presentar los exigidos por la normatividad legal vigente y aplicable) son:

Granulometría:

Hace referencia a la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo, lo cual permite su clasificación. Dicha prueba se realiza por medio de tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Mercurio

El mercurio es un metal pesado, que dadas las condiciones del medio puede ser transportado y transformado en metilmercurio.

Metil-Mercurio.

Es un compuesto neurotóxico bioacumulable que puede estar presente en el suelo a través de la metabolización bacteriana del nitrato de mercurio producido en la separación química de la amalgama.

12.5.3. CRONOGRAMA

Tabla 8. Cronograma programa de monitoreo													
ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Monitoreo parámetros fisicoquímicos del agua	Cada 4 meses				X				X				X
Monitoreo de sedimentos	Cada 4 meses				X				X				X
Fuente: Autoras													

12.5.4. PRESUPUESTO PROGRAMA DE MONITOREO

Tabla 9. Presupuesto programa de monitoreo

CÓDIGO	RUBRO	DESCRIPCIÓN	Vr. UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL	TOTAL	
1	<u>NOMINA</u>						
1.1	Técnico	Es la persona encargada de la toma de muestras	30.000 pesos hora	24 horas	720.000		720.000
SUBTOTAL NOMINA							\$720.000
CÓDIGO	RUBRO	DESCRIPCIÓN	Vr. UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL	IVA 16%	TOTAL
2	<u>MATERIALES E INSUMOS</u>						
2.1	Nevera	Nevera de icopor, 20 L.	25.000	2	50.000	8.000	58.000
2.2	Recipientes	24 botellas de vidrio de 1L boca ancha, 25 botellas vidrio color ámbar de 1L, 24 botellas vidrio 200ml, 48 botellas plásticas 500ml, 5 bolsas herméticas de 1L.	-	-	200.000	32.000	232.000
SUBTOTAL MATERIALES E INSUMOS					150.000	14.000	\$290.000
3	<u>EQUIPOS</u>						
3.1	Cámara fotográfica	Corresponde al alquiler de los equipos por 1 día.	50.000	1	50.000	8.000	58.000
3.2	GPS		350.000	1	350.000	56.000	406.000
SUBTOTAL EQUIPOS					400.000	64.000	\$414.000
5	<u>ANÁLISIS LABORATORIO</u>						
5.1	Sólidos suspendidos t		20.500	1	20.500	3.280	23.780
5.2	Grasas y aceites		58.300	1	58.300	9.328	67.628
5.3	DBO ₅		58.300	1	58.300	9.328	67.628
5.4	DQO		62.400	1	62.400	9.984	72.384
5.5	Mercurio para agua		62.000	1	62.000	9.920	71.920
5.6	Mercurio para sedimento		56.400	5	282.000	45.120	327.120
SUBTOTAL					117.000	18.720	\$630.460
6	<u>OTROS</u>	Corresponde a 1 día de alimentación y hospedaje y transporte Bogotá-Medellín.		1 día	350.000		350.000
6.1	Viáticos						
TOTAL PRESUPUESTO							\$2.404.460
Fuente: Autoras							