	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	Dependencia	Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(85)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ANGÉLICA MILENA SÁNCHEZ OSORIO CARLOS MARIO MARTÍNEZ JIMÉNEZ
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	WILSON ANGARITA CASTILLA
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE EN EL TRAMO SAN MIGUEL DEL RIO ALGODONAL

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL RIO ALGODONAL ES UNA DE LAS FUENTES HÍDRICAS MÁS IMPORTANTES CON LAS QUE CUENTA OCAÑA N.S, EN LA ACTUALIDAD ESTE ABASTECE EL ACUEDUCTO MUNICIPAL EXTRAYÉNDOSE EL AGUA PARA EL CONSUMO DE LA POBLACIÓN. LA EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE POR PARTE DE LOS CONCESIONARIOS DE TÍTULOS MINEROS Y LICENCIAS AMBIENTALES E ILEGALES, OCASIONAN AFECTACIÓN A LOS LECHOS AL NO TENER CONTROL SOBRE LA PROFUNDIDAD Y MANEJO DE LA PENDIENTE DEL CAUCE.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS:	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:
----------	---------	----------------	---------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN DE
MATERIAL DE ARRASTRE EN EL TRAMO SAN MIGUEL DEL RIO ALGODONAL**

ANGÉLICA MILENA SÁNCHEZ OSORIO

CARLOS MARIO MARTÍNEZ JIMÉNEZ

DIRECTOR

WILSON ANGARITA CASTILLA

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia.

Febrero, 2020

Índice

Capítulo 1. Evaluación ambiental del proceso de explotación de material de arrastre en el tramo san miguel del rio algodonal.	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.	3
1.3. Objetivos.	3
1.3.1. Objetivo General.	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación.	3
1.5. Delimitaciones.	5
1.5.1. Delimitación operativa.....	5
1.5.2. Delimitación conceptual.	6
1.5.3. Delimitación geográfica.	6
1.5.4. Delimitación temporal.	6
Capítulo 2. Marco referencial	7
2.1. Marco histórico	7
2.2. Marco contextual.	9
2.3. Marco conceptual.....	11
2.4. Marco teórico.	17
2.5. Marco legal.	22
Capítulo 3. Metodología.	26
3.1. Diseño metodológico.	27
Capítulo 4. Cronograma de actividades.	34
Capítulo 5. Presupuesto.	34
5.1. Recursos Humanos.....	35
5.2. Recursos Institucionales.....	36
5.3. Recursos financieros.	37
Capítulo 6. Resultados	38
6.1. Caracterización ambiental del área de estudio.....	38
6.2. Calcular el volumen de reserva y las tasas de extracción y reposición de material de arrastre en el tramo San Miguel del rio Algodonal.....	42

6.2.1. Cálculo de la tasa de reserva.....	42
6.2.2. Cálculo de la tasa de extracción y reposición.....	45
6.2.3. calculo del volumen máximo de explotación.....	47
6.2.4. Estimación del caudal en el tramo.. ..	48
6.2.5. Identificación, calificación y análisis de los impactos ambientales generados por la actividad de extracción de material de arrastre.....	50
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	63
Referencias.....	64
Apéndices.....	72

Lista De Tablas.

Tabla 1. Cronograma de actividades.....	34
Tabla 2. Recursos financieros.....	37
Tabla 3. Parámetros salida gráfica 2013.....	41
Tabla 4. Parámetros salida grafica 2019.....	41
Tabla 5. Valores de las áreas para estimar la reserva.....	43
Tabla 6. Valores de los volúmenes para estimar la reserva.....	44
Tabla 7. datos de volúmenes y peso para la estimación de la reserva.....	45
Tabla 8. volumen de arena transportado por el río.....	46
Tabla 9.volumen de sedimentos transportado.....	47
Tabla 10. Datos de campo para el calculo del area.....	48
Tabla 11. Tiempos para estimar la velocidad del flujo de agua.....	50
Tabla 12. Datos del ruido.....	56
Tabla 13. calificación de impactos ambientales.....	57
Tabla 14. Matriz de calificación de impactos ambientales.....	58
Tabla 15. Resultado de los parámetros.....	60

Lista de Figuras.

Figura 1. Localización del proyecto.....	9
Figura 2. Estimación de reserva.....	29
Figura 3. Transporte de sedimentos.....	31
Figura 4. Imagen del año 2013.	38
Figura 5. Salida gráfica del año 2013.	39
Figura 6. Imagen del año 2019.	40
Figura 7. Salida gráfica del año 2019.	40
Figura 8. Perfiles para el cálculo de la tasa de reserva.	42
Figura 9. Perfil del río para el cálculo de caudal.	49
Figura 10. Matriz de identificación de impactos ambientales	51
Figura 11. Grafico del ruido.....	57

Capítulo 1. Evaluación ambiental del proceso de explotación de material de arrastre en el tramo san miguel del rio algodonal.

1.1. Planteamiento del problema.

El rio Algodonal es una de las fuentes hídricas más importantes con las que cuenta Ocaña N.S, en la actualidad este abastece el acueducto municipal extrayéndose el agua para el consumo de la población. La extracción de material de arrastre por parte de los concesionarios de títulos mineros y licencias ambientales e ilegales, ocasionan afectación a los lechos al no tener control sobre la profundidad y manejo de la pendiente del cauce, de no adelantar acciones que permitan mantener y adecuar el cauce del rio Algodonal, se contribuye al deterioro del mismo.

Siendo esta una práctica que puede desgastar el rio sobre todo en épocas de sequía donde la región se ve afectada por la falta de abastecimiento de agua para la comunidad. La minería ilegal se ha venido extendiendo en todo el país, por la facilidad de aplicación y costos bajos a la hora de extraer el material deseado. Además según lo establecido en el Artículo 338 del Código Penal. Explotación ilícita de yacimiento minero y otros materiales. (Ley 599, 2000) “El que sin permiso de autoridad competente o con incumplimiento de la normatividad existente explote, explore o extraiga yacimiento minero, o explote arena, material pétreo o de arrastre de los cauces y orillas de los ríos por medios capaces de causar graves daños a los recursos naturales o al medio ambiente, incurrirá en prisión de dos (2) a ocho (8) años y multa de cien (100) a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes”.

CASTAÑEDA, (2016) en el artículo sobre el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños, menciona que la minería de materiales genera impactos negativos dentro de las dinámicas geométricas e hidráulicas ocasionando un desequilibrio entre los sedimentos transportados y la capacidad de carga de la corriente generando procesos erosivos aguas arriba y aguas abajo, a su vez la calidad del agua se ve afectada por la contaminación de origen físico por sedimentos, aumentando su turbidez. Este aumento, es generado por una mayor carga de transporte de sedimentos en suspensión que según la FAO el alto número de sedimentos en suspensión genera un impedimento en el paso de luz solar en la columna de agua lo que genera un limitante para el crecimiento de las plantas y algas, además, la perturbación de las prácticas de desove de las especies icticas presentes en las aguas afectadas. La elevada turbidez ocasiona un cambio en la hidráulica del lecho del río generando inundaciones por la reducción de la capacidad del flujo de la corriente.

En el trabajo realizado por Gutiérrez et ál., (2012) plantea que a pesar de que el transporte de materiales complica y encarece el aprovechamiento, la gran demanda e imprescindibilidad lo hace objeto de una empresa activa y lucrativa que presenta para el minero ventajas relativas en la ilegalidad, particularmente en lo que se refiere a obviar responsabilidades ambientales teniendo en cuenta que en este tipo de minería los efectos negativos sobre el medio ambiente son importantes. Pese a que la ilegalidad en la extracción de arenas y arcillas es significativa y preocupante por sus efectos.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuáles son las afectaciones ambientales generadas por la explotación de material de arrastre considerando las tasas de reserva y recarga en el tramo San Miguel del río Algodonal?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General. Realizar una evaluación ambiental del proceso de explotación de material de arrastre en el tramo San Miguel del río Algodonal teniendo en cuenta el cálculo de las tasas de reserva, recarga y extracción.

1.3.2. Objetivos Específicos. Caracterizar ambientalmente el área de estudio.

Calcular el volumen de reserva y las tasas de extracción y reposición de material de arrastre en el tramo San Miguel del río Algodonal, con fines de obtener el volumen máximo de explotación.

Evaluar los impactos ambientales generados por la actividad de extracción de material de arrastre, mediante la identificación, calificación y análisis.

1.4. Justificación.

Los volúmenes de material de arrastre extraídos del río según el concepto dado en la Ley 685 de 2001 en su artículo 11 por el cual se expide el código de minas conocidos como

materiales de construcción tales como arenas, gravas y las piedras, resultan ser muy altos y usualmente son explotados a tasas muy superiores a la tasa de transporte de los sedimentos del río, y por ende, a la capacidad de la corriente para llenar la zanja escavada. Por tal razón la información obtenida con la realización del presente trabajo puede servir para que las empresas explotadoras de material de arrastre o la misma autoridad ambiental puedan tomar acciones para minimizar los efectos negativos ocasionados por la práctica de esta técnica en el río.

A parte de ocasionar impactos al ambiente también es una práctica de minería ilegal, puesto que el sitio de extracción no cuenta con ningún requisito ni autorización para realizar las exploraciones de los materiales en el tramo de San Miguel, así como en otros tramos del río Algodonal, según la información conocida.

Igualmente, esta investigación pretende dejar un estudio que sirva de modelo para futuros trabajos que se realicen en este lugar y que estén relacionados con el medio ambiente; que supla la falta de educación ambiental que existe en el contexto local; que sirva para crear conciencia sobre la responsabilidad de cuidar y mantener las fuentes hídricas y para que las personas adopten modos de vida que sean compatibles con la sostenibilidad ambiental.

Según las políticas nacionales sobre la gestión del recurso natural hídrico (Ministerio del Medio Ambiente, 2010). “son bienes y servicios que mejoran la calidad de vida de los habitantes que lo requieran y lo aprovechen, lo cual juega un papel clave en la economía de la región”. De

acuerdo al aprovechamiento que se ha venido realizando hace muchos años sobre el recurso natural que lleva el río “sedimento que arrastra la corriente” se ha generado para construcciones de obras civiles como viviendas y otras obras de interés público. Sin embargo, la explotación de material de arrastre causa efectos negativos sobre el ambiente, la destrucción de estas zonas puede generar cambios desfavorables en las dinámicas del sistema acuático y por ende el ecosistema es aún más vulnerable a los efectos del desarrollo de la extracción, cuya identificación y evaluación es importante con el fin de diseñar estrategias que eviten, mitiguen y compensen estos impactos creados por la extracción de estos recursos.

De acuerdo a lo dicho en el artículo 159 del código minero (CM), la exploración y explotación minera será ilegal cuando no cuenta con título minero o cuando no cuenta con la autorización del titular de dicha propiedad (“Ley 685 Código de Minas”, 2003a). Según lo dicho anteriormente en el tramo de San Miguel se realiza un tipo de minería ilegal, siendo este un dato importante para la autoridad ambiental ya que se debe tener un control sobre este tipo de situaciones que se presentan en la Región.

1.5. Delimitaciones.

1.5.1. Delimitación operativa. Este proyecto está determinado por una metodología exploratoria y cuantitativa.

1.5.2. Delimitación conceptual. Los términos con los que se llevara a cabo el proyecto serán: Material de arrastre, volumen de reserva, tasa de extracción y reposición, erosión progresiva.

1.5.3. Delimitación geográfica. El proyecto de investigación se desarrollará en el río Algodonal del municipio de Ocaña N.S, específicamente en el tramo de la vereda San Miguel Agregó N.S.

1.5.4. Delimitación temporal. El proyecto está programado para ser ejecutado en un tiempo de cuatro meses, abarcando tanto épocas de sequía como épocas de lluvias.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1. Marco histórico

Los materiales de arrastre o materiales de construcción en Colombia dieron sus inicios durante los primeros años de la década de 1930, como lo fueron las calizas, yesos, arcillas y grava, empleados en la naciente industria de la construcción (Ministerio de minas y energías, 2013a).

En el río Algodonal se decide suspender las labres de extracción de material de arrastre mediante una resolución emitida el 09 de julio del 2015, en la cual se prohibía la explotación de material de arrastre y ocupación de cauce, playas y lechos en las cuencas de los ríos Algodonal y el Tarra, por lo tanto la corporación autónoma regional “CORPONOR” adoptó las medidas para garantizar la conservación y protección de los recursos hídricos, la priorización y uso para el consumo humano y doméstico en época de estiaje o sequías críticas. Además, la regulación en el aprovechamiento porcentual de los caudales concesionados con el fin de evitar conflictos entre las comunidades, pero debido a la leve mejoría presentada en la cuenca debido a que se habían presentado aguaceros esporádicos, la autoridad ambiental levanta la suspensión temporal de la explotación de material de arrastre en el Río Algodonal mediante una resolución emitida el 27 de noviembre del mismo año ya mencionado (La opinión, 2015).

Según lo publicado por El espectador, (2016a), el panorama del Río se volvió desolador debido al intenso verano que se presentó en la región y a esto le sumaron la labor que realizaban

las maquinarias encargadas de extraer la arena, que, según el cálculo de las autoridades ambientales, se extraen unas 300 volqueadas diarias.

Ante la situación, y con el propósito de evitar un mayor daño ambiental originado por las concesiones que se benefician con ese tipo de explotación, las organizaciones ambientalistas y líderes comunales en su función de control ciudadano han expresado su preocupación por la forma como empresas dedicadas a explotar material de arrastre destruyen las cuencas del río sin medir las consecuencias. Estas, provocadas por la socavación, muchas veces sin tener en cuenta el manejo ambiental para el cuidado ambiental que impone el Ministerio del Medio Ambiente y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor) a quienes se benefician con este tipo de minería por ende, el director General de Corponor, Gregorio Angarita Lamk dio a conocer la decisión de suspender las actividades de explotación de material de arrastre en este río, cuya medida rige partir de la firma de la resolución 056, la cual permitirá proteger el área comprendida 400 metros aguas arriba de la laguna de oxidación que trata los vertimientos líquidos del municipio de Abrego y la bocatoma del acueducto de Ocaña, en el río Algodonal, hasta que se logren mejorar las condiciones climatológicas de sequía ocasionadas por el fenómeno climático (El espectador, 2016b).

2.2. Marco contextual.

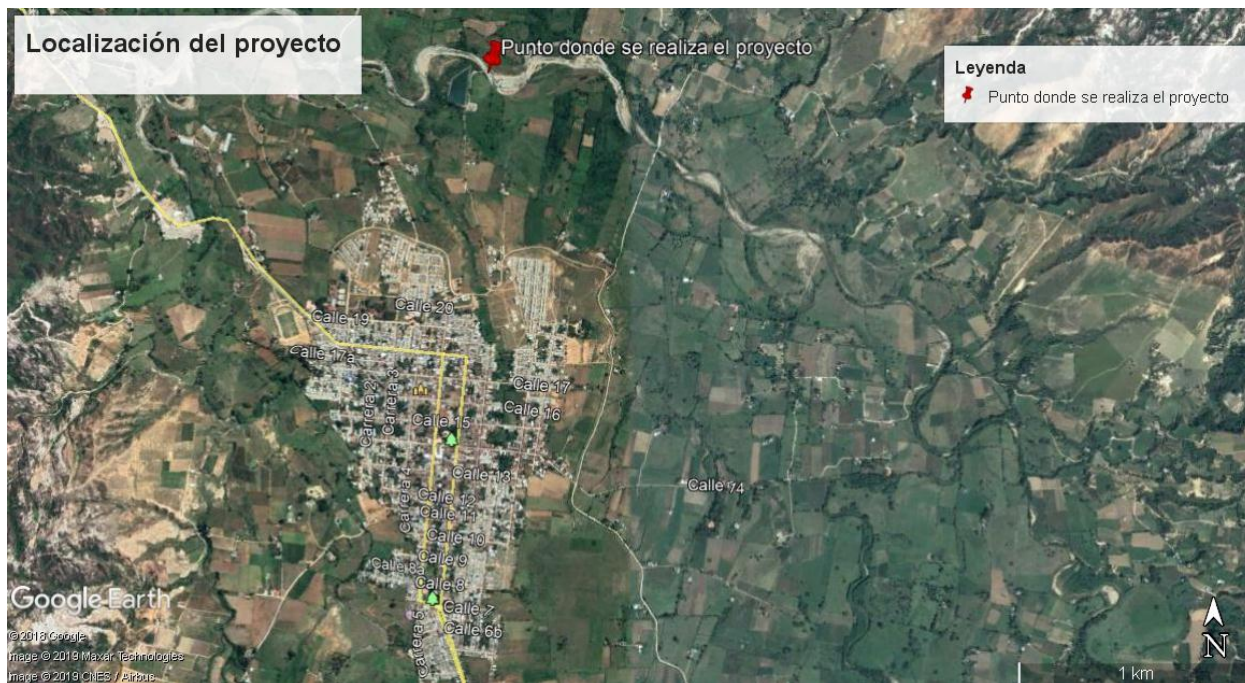


Figura 1. Localización del proyecto.

Fuente: Autor del proyecto.

El proyecto se llevará a cabo en el tramo del río Algodonal de la vereda San Miguel, ubicado en el municipio de Abrego Norte de Santander, con coordenadas $08^{\circ}05'45.71''N$ y $73^{\circ}13'09.31''W$ a 1.360 msnm. El río algodonal (CATATUMBO) - Nace en el cerro de Jurisdicciones, en el municipio de Abrego, con el nombre de Oroque. A su paso por Ocaña, toma el nombre de río Algodonal y más adelante, el de Catatumbo cuyas aguas desembocan en el lago de Maracaibo. Su corta distancia de Ocaña lo hace ideal para el turismo y como sitio de recreo en los diferentes estaderos y residencias campestres que se encuentran en su ribera occidental (Alcaldía Municipal de Ocaña en Norte de Santander, 2018).

En el tramo ya mencionado la explotación de material de arrastre que se ejecuta no cuenta con licencia ambiental, es decir está siendo realizada de manera ilegal; donde se extrae gran cantidad de material de arrastre del río y se transporta a otras zonas para ser comercializado en la región que son destinados principalmente para el área de construcción de obras de infraestructura y urbanismo.

En esta actividad se utiliza maquinaria pesada como retroexcavadoras, volquetas y herramientas manuales como palas, picos y carretillas, facilitando así el trabajo en cuanto a tiempo y economía; el personal que trabaja en este punto son los conductores de volquetas y maquinaria pesada y personas que se encargan de palear el material hacia la volqueta hasta llenarla.

La evaluación ambiental que se quiere llevar a cabo en este punto estratégico permitirá conocer cuáles son los impactos ambientales generados en cuanto al medio físico por esta actividad; así mismo se logran obtener datos de volúmenes máximos que pueden ser explotados y la capacidad de reposición que tiene el río ante esto.

Tanto el municipio de Ocaña, como La Playa y Ábrego, tienen su área urbana incluida en la cuenca, lo que permite dimensionar la importancia de todos los procesos económicos, sociales y ambientales que se generan en estos centros poblados. A nivel veredal en la cuenca existen 168 veredas, de las cuales participan parcialmente 67 veredas y las incluidas totalmente son 101,

correspondientes a los cuatro municipios de influencia. El municipio de Ábrego participa con 76 veredas, 26 de ellas incluidas parcialmente y los 50 restantes totalmente; del municipio de La Playa de Belén se cuenta con 17 veredas, de estas parcialmente se hallan 10 y solo siete tienen todo su territorio dentro del área de la cuenca; el municipio de Ocaña participa con 73 veredas, de ellas 29 incluyen su territorio parcialmente y 44 lo hacen totalmente. Las dos veredas correspondientes al municipio de Teorama participan parcialmente (CORPONOR, 2010b).

2.3. Marco conceptual.

La minería es una actividad que forma parte del sector primario de la economía. Su tarea esencial consiste en extraer los minerales que se encuentran en el subsuelo o en la superficie. Según la clase de mineral, es posible diferenciar entre la minería metálica (que trabaja con materiales como el oro, el plomo, el cobre y la plata) y la minería no metálica (centrada en el granito, la arcilla, el mármol, etc.). También, de acuerdo al tipo de explotación, se diferencia entre la minería subterránea y la minería a cielo abierto (Pérez, 2019).

Decreto 2655 de 1988. Artículo 113. Materiales del arrastre son los materiales pétreos desintegrados en tamaños de gravas y arenas, que se extraen de los lechos de los ríos, quebradas y vegas de inundación. En el reglamento se establecerán las características físicas y químicas de las gravas y arenas aquí mencionadas.

Material de arrastre: Para la extracción de estos materiales normalmente se realizan excavaciones en forma de piscinas que se denominan dársenas, se construyen

perpendicularmente con la línea de dirección del cauce del río y en época de invierno se llenan de rocas y sedimentos que arrastran las crecientes. Las arenas y gravas se utilizan como agregados pétreos para morteros y hormigones, balastro o recebo para vías y pavimentos, también son elementos correctores de algunas propiedades mecánicas de los suelos y se utilizan como drenajes y filtrantes en obras de ingeniería civil (Ministerio de minas y energías, 2013b).

Los materiales de arrastre tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales, se denominan materiales de construcción, aunque, una vez explotados, no se destinen a esta industria. (“Ley 685 Código de Minas”, 2003b).

Génesis de los depósitos de material de arrastre. Según lo citado por Ortiz (como se cita en Ortiz, 2017) la génesis de los materiales de arrastre considera tres fases: (erosión, transporte y deposición) que corresponden a una sola actividad singular.

Erosión: Es el proceso mediante el cual la tierra sufre un desgaste natural (procesos geológicos, corrientes de agua, hielo, vientos o cambios de temperatura) o inducido (la acción indiscriminada del hombre) que afecta su estructura madre y el desarrollo de organismos vivientes en sus cortezas. Los eventos erosivos se pueden dar por las siguientes circunstancias:

Socavamiento linear en el fondo y en los lados del valle. Se da por la corriente de agua y los materiales abrasivos que esta arrastra. El resultado es la profundización del valle a velocidad variable.

Desprendimiento y desplome lateral de materiales. Debido a Acción lubricante de las aguas de infiltración, meteorización mecánica por fenómenos de expansión y contracción relacionados con cambios en el estado de humedad del suelo, o por congelación y descongelación y socavamiento de la escorrentía en la base de las paredes del valle.

Erosión por el agua precipitada en la cabecera de los valles erosionales. Produce regresión progresiva, alargamiento del valle y reducción en la altura de las divisorias de aguas.

Transporte: En este proceso, los materiales aluviales son achicados y modificados por atrición y redondeamiento, siendo sorteados por tamaño, forma y densidad. Las formas de acarreo de una carga de sedimentos son:

Flotación. Para materiales de baja densidad, como son material vegetal, materia orgánica descompuesta, ceniza volcánica, pómez y diatomitas.

Solución. En el caso de iones químicos (sales).

Suspensión. Para partículas de limo, arcilla y otros coloides, además dependiendo de la turbulencia de la corriente, esta podría llevar suspendidas arenas muy finas y tal vez arenas finas.

Saltación. Para el caso de la partícula tipo arena.

Tracción y rodamiento. Materiales de tamaño arena fina a gruesa, gravas y cantos se mueven por el piso del canal, producen abrasión de las salientes agudas y se rompen en fracciones menores al chocar entre sí.

Deposición: La deposición de la carga de sedimentos de una corriente tiene lugar por medio del proceso de sedimentación diferencial. Esta se da en función de la carga y las características de los elementos transportados. Básicamente, primero cesan de rodar los cantos más grandes, luego lo más pequeños, los guijarros, las gravas y las arenas gruesas y medias. Finalmente, la arena fina y los limos transportados en suspensión precipitan al lecho. En cuanto a los coloides más finos de arcillas y materia orgánica son los últimos en depositarse y solo lo hacen bajo condiciones de aguas quietas o estancadas (Ortiz, 2017).

Volumen de reserva se entiende como la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. La mayoría de los recursos y reservas se calculan en toneladas métricas, la de metales preciosos (oro, plata y platino) se calculan en kilogramos; los diamantes en quilates y las reservas de gas natural, arena, piedras para la construcción, aguas subterráneas, se estiman en metros cúbicos. Esta cuantificación formal de las

materias primas minerales y materiales, estimada por procedimientos empíricos o teóricos se denomina "Inventario Mineral", el cual se expresa en términos de recurso y de reservas; para el caso de las reservas de los materiales de construcción hay que tener en cuenta las propiedades físicas y químicas (Ministerio de minas energías, 2013c).

En el extremo aguas arriba de la excavación el incremento abrupto de la pendiente del cauce, debido al talud de la zanja excavada, incrementa la velocidad y la capacidad erosiva del flujo, produciendo la erosión de este extremo y el desplazamiento hacia aguas arriba de dicho punto. Este fenómeno se conoce como erosión remontante y puede afectar varios kilómetros del cauce e incluso reflejarse sobre algunos de sus afluentes, hasta alcanzar sus cabeceras o encontrar un control geológico o una estructura construida por el hombre. Ramírez, Bocanegra, Santacruz, Quintero y Sandoval (2009a).

La profundización del lecho por la excavación amplía la sección del flujo y reduce la velocidad y la capacidad de transporte de sedimentos, de tal manera que parte de la carga de sedimentos se deposita al interior del pozo excavado. Aguas abajo de la excavación la corriente recupera sus características hidráulicas y, por ende, su capacidad de transporte, pero su transporte real se reduce. Para compensar, el flujo erosiona progresivamente el lecho y las orillas hasta alcanzar nuevamente su capacidad de transporte. Es decir, aguas abajo de la explotación se genera una erosión progresiva debido al "agua hambrienta" (agua o flujo con una capacidad de transporte superior al transporte real). Ramírez et al. (2009b)

Los depósitos de material de arrastre son el resultado de la concentración natural por procesos fluviales meteorizantes que desintegran fragmentos y partículas minerales de las rocas del basamento, sometidas posteriormente por las corrientes fluviales a procesos de transporte: abrasión y sedimentación”. MINMINAS, (2013).

En el documento titulado estimación de reservas de Rivera, (Rivera, 2013) se establece lo siguiente, una reserva es un subconjunto de recursos puede extraerse con ganancia bajo un régimen de costos precio/producción del mineral presente. El cálculo de la reserva se realiza a través de la estimación de reserva que consiste en el cálculo de la cantidad de mineral contenido en un yacimiento, y de la calidad asociada. Todos los métodos de cálculo de reservas tienen un mismo fin. Esta cuantificación formal se denomina inventario mineral. Este a su vez se expresa en términos de recurso y reserva.

Navarro, (s.f) afirma que una matriz es un cuadro de doble entrada, donde los factores del medioambiente se pueden utilizar para el proyecto ocupan las filas y las acciones impactantes (agrupadas por fases) las columnas, las matrices causa-efecto son métodos de valoración cualitativa, son muy útiles para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto.

La evaluación ambiental es el procedimiento que permite identificar, calificar y analizar los impactos ambientales que se presentan en un área determinada, por la ejecución de las obras y actividades necesarias para el desarrollo de un proyecto, y que se emplea como base

para la toma de decisiones y el establecimiento de medidas de prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos ambientales. (Daniel Felipe Carvajal Silva, 2018)

Método de Battelle Columbus, es un método cuantitativo de evaluación de la magnitud del impacto ambiental; es subjetivo, pues incluye la valoración de una calidad ambiental, expresada como valores subjetivos de 0 a 1, a partir de los cuales se interpreta o califica cada magnitud o dato de la variable de impacto, como un valor en una escala de calidad ambiental. Si bien este proceso deber ser realizado por expertos no trasciende la subjetividad (y a lo más resulta intersubjetivo) pues calidad ambiental es una variable subjetiva por naturaleza; no hay artificio matemático que la convierta en una variable objetiva (Cuya).

2.4. Marco teórico.

Ramírez, Bocanegra, y Sandoval et al. (2009a) debido a que la extracción de material de arrastre en los ríos origina una serie de impactos negativos, propone una metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación anuales basada en el transporte anual de sedimentos en el río, esto es, en la capacidad de la corriente para reponer los materiales extraídos.

Es fundamental, inicialmente, adelantar un estudio integral del río, considerando los diferentes aspectos (hidrológicos, hidráulicos, transporte de sedimentos) para comprender su dinámica, enfatizando en los procesos geomorfológicos y en la identificación de otras intervenciones (presas, captaciones, obras de protección, descargas) que puedan estar afectándolo. Se deben establecer los posibles sectores de agradación del cauce, es decir, los tramos con mayores potenciales de explotación, e igualmente estimar los cambios morfológicos

que se puedan originar por las actividades mineras. En la metodología propuesta también es imprescindible el monitoreo periódico de la carga de fondo y la variación de los niveles del fondo del cauce, la actualización de la curva de duración de las cargas anuales de sedimentos en el río y el pronóstico del régimen de caudales para cada año.

Collazos, (2018) presenta un artículo que tiene como objetivo la evaluación de los modelos digitales de elevación (MDE) derivados de la tradicional topografía convencional y la topografía realizada con drones. Se empleó un área determinada de un acopio de material de construcción con el propósito de realizar el cálculo de volumen. Los resultados mostraron una similitud razonable entre los modelos digitales de elevación en cuanto a precisión se refiere. Sin embargo, se puede concluir que la topografía con drones es una tecnología apropiada para la captura de datos topográficos y no tiene comparación en términos de eficiencia en superficies con una precisión equivalente. Además, el método de topografía con drones no sólo produce DSM (Digital Surface Model) sino también un orto mosaico geo-referenciado altamente detallado, el cual es un gran valor agregado.

Rueda, (2017) plantea un estudio sedimentológico donde se realiza la caracterización de los suelos y sedimentos, o en caso de los ríos se estudia la carga de fondo; teniendo en cuenta algunos parámetros entre los que resaltan la erosión del suelo, precipitaciones anuales y mensuales, el área de la fuente hídrica y la densidad de los sedimentos, este último determinado mediante análisis granulométricos.

Ramírez et al. (2009b) Plantean que Para lograr una mejor comprensión de los procesos fluviales es fundamental conocer y entender los procesos del transporte de sedimentos. En este trabajo se investigaron las características del transporte de sedimentos en el valle geográfico alto del río Cauca (Salvajina La Virginia), incluyendo las tasas de transporte, la composición granulométrica y el análisis de las posibles relaciones entre el transporte de sedimentos y los parámetros hidráulicos, geométricos y del sedimento.

La investigación propuesta por Quintuña, (2019) consiste en realizar un levantamiento batimétrico y de capacidad de reposición natural de material pétreo para la aplicación de un plan de manejo de explotación dentro de un tramo de 6 km del río Upano. En donde se realizó un levantamiento batimétrico en zonas puntuales del río previo al análisis de información de campo para delimitar la zona donde las características de la misma garantizaran una correcta información. Esto con el fin de conocer tanto el volumen de reposición como la forma en que se reponían los materiales pétreos.

Alarcón, (2016) planteo un diseño de explotación para materiales pétreos en el río Boladel, mediante diques transversales como propuesta de trabajo, la cual busca atender las necesidades que tiene la concesión minera María Felicia y realizar un diseño de uno de los métodos más amigables con el ambiente y que optimiza la producción y explotación de los materiales de construcción, el cual se basa en realizar una evaluación topográfica en el sector, caudales y cauces del río y evaluación de los volúmenes en el sitio que se explotara, el diseño cumple con todas las características técnicas señaladas, obteniendo así dimensiones reales de los diques, y

que sea acorde a los recursos físicos que tiene la concesión, aumentando de esta manera la eficiencia en los procesos de explotación.

Leiva, Coronel y Corroto, (2017) usaron comunidades de diatomeas bentónicas y perifíticas las cuales fueron evaluadas como potenciales indicadores biológicos de las condiciones ambientales para generar información sobre el impacto que ocasiona la extracción de material pétreo en la calidad del agua. Esta investigación se desarrolló en el mes de septiembre, durante la época de estiaje, en el tramo Caclic-Pedro Ruiz Gallo del río Utcubamba. Se establecieron tres estaciones y seis puntos de muestreo consecutivos, con una colecta de dos muestras por punto y la correspondiente determinación de parámetros biológicos y fisicoquímico.

La tesis realizada por Andrés Alberto Escobar Sánchez “Análisis de las afectaciones ecológicas y sociales que causa la explotación de material de arrastre en el río Nima a su paso por los corregimientos de Amaime, Boyacá y La Pampa, en el municipio de Palmira, Valle del Cauca” busca analizar las afectaciones ecológicas y sociales que se están causando debido a la explotación de material de arrastre (arena, grava y balastro) en el río Nima, a su paso por los corregimientos de Amaime, Boyacá y La Pampa, en el municipio de Palmira, Valle del Cauca. Se realizaron entrevistas no estructuradas a los habitantes residentes en el sitio donde se encuentra la cantera de explotación (vereda Calamar) y se recolectó información escrita de los pobladores de los corregimientos de Amaime, Boyacá y La Pampa, a través de la aplicación de una encuesta estructurada, mediante las cuales (entrevista y encuesta) se identificaron las

afectaciones al medio biofísico y social. Las afectaciones ecológicas y sociales que se identificaron en la zona de estudio están incidiendo de forma negativa sobre la flora, la fauna, el suelo, el aire, el agua, la salud humana y la seguridad social de los habitantes. Dentro de las recomendaciones que se formulan para buscar mitigar las afectaciones al medio ambiente y social, principalmente, se establece la estrategia de fortalecer la educación ambiental comunitaria como la principal herramienta para el mejoramiento y la conservación del entorno ecológico. (Sanchez, 2016)

El trabajo realizado por el ingeniero de minas Vicente Rojas Moreno titulado “estudio de impacto ambiental “explotación de material de arrastre del río Coello” licencia de explotación 0781-73” contiene el estudio de impacto ambiental (EIA) para la explotación de material de arrastre del río Coello, sujeto a las normas técnicas y ambientales. Se planteó como objetivos servir de soporte fundamental para que la Autoridad Ambiental competente, adopte la decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto, obra o actividad. Describir y caracterizar el medio físico-biótico y social con el objeto de conocer el estado actual de los ecosistemas, recursos naturales y culturales afectables por el proyecto, así como las potencialidades y limitaciones de intervención. Realizar la evaluación ambiental para establecer los impactos ambientales imputables al proyecto que se pretende realizar. Diseñar las medidas de manejo ambiental relacionadas con las acciones de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental, con programas esenciales de gestión social, manejo de recursos y ecosistemas, seguimiento y monitoreo y el plan de contingencia. El proyecto consiste en la explotación de material de arrastre del río Coello, en áreas rurales del municipio de Espinal y Coello, en la Vereda Agua Blanca Baja, sector La Morena del municipio de Espinal en un área de 40 hectáreas y 900 metros

cuadrados, donde se realizarán labores de desarrollo, preparación, explotación y cargue del mineral en un periodo de 30 años. El área del proyecto no afecta reservas forestales, parques nacionales naturales, santuarios de flora y fauna, territorios de designación especial, como el de las comunidades indígenas, negras y distrito de manejo especial, tal como lo certifica el ministerio del interior y de justicia. (Moreno, Mayo 2012)

2.5. Marco legal.

Este marco se encuentra ilustrado en la cartilla normativa minera del ministerio de minas y energía.

Constitución nacional del 20 de julio de 1991. “Todo ciudadano tiene derecho a participar en la conformación, ejercicio y control del poder político. Para hacer efectivo este derecho puede: (...) 2. Tomar parte en elecciones, plebiscitos, referendos, consultas populares y otras formas de participación democrática (...)”.

Ley 685 del 15 de agosto de 2001 en la cual se dicta el código de minas.

Ley 1450 del 16 de junio de 2011. Plan Nacional de Desarrollo, introduce algunas modificaciones sobre multas, reservas mineras estratégicas, prohibiciones a la minería por razones ambientales, plan nacional de ordenamiento minero, adiciona causales de caducidad y suspensión por razones de seguridad minera, control a la explotación ilícita.

Ley 99 del 22 de diciembre de 1993. Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Ley 1333 del 21 de julio de 2009. Régimen Sancionatorio Ambiental.

Ley 685 del 15 de agosto del 2001. El Código de Minas, en su capítulo XIV establece todo lo relacionado a las servidumbres mineras, esto es la relación entre el titular minero y los propietarios superficiales.

Ley estatutaria 134 del 31 de mayo de 1994. Consulta Popular como mecanismo de participación ciudadana.

Ley estatutaria 134 del 31 de mayo de 1994. Cabildo Abierto como mecanismo de participación ciudadana.

Ley estatutaria 134 del 31 de mayo de 1994. Veeduría Ciudadana como mecanismo de participación ciudadana.

Ley 850 del 19 de noviembre de 2003. Reglamenta las Veedurías Ciudadanas como mecanismos democráticos de participación, sus objetivos, principios, funciones, instrumentos de acción, conformación, procedimientos, entre otros aspectos.

Decreto ley 2811 del 28 de diciembre de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.

Decreto 2235 del 30 de octubre de 2012. Destrucción de maquinaria pesada y sus partes en actividades de exploración o explotación de minerales sin las autorizaciones y exigencias previstas en la Ley.

Decreto 2820 del 5 de agosto de 2010. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

Decreto 3573 del 27 de septiembre de 2011. Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA y se dictan otras disposiciones.

Decreto 953 del 17 de mayo de 2013. Reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011 con el fin de promover la conservación y recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos

que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, mediante la adquisición y mantenimiento de dichas áreas y la financiación de los esquemas de pago por servicios ambientales.

Decreto 934 del 09 de mayo del 2013. Reglamenta el Artículo 37 de la Ley 685 de 2001 sobre la prohibición de excluir permanente o transitoriamente de la minería zonas del territorio a través de acuerdos municipales u ordenanzas departamentales.

Otro tema que es de interés y sobre el cual debe existir una participación ciudadana directa ya que es de incidencia directa para todas las comunidades que conviven con la actividad minera es el tema ambiental, para lo cual, el código de minas en su capítulo XX trae una serie de artículos orientados a hacer un buen manejo ambiental dentro de los proyectos mineros.

Capítulo 3. Metodología.

Para la ejecución de la pregunta propuesta inicialmente se emplea una clase de investigación de tipo básica, lo cual ayuda a tener un conocimiento de lo que está ocurriendo en la zona de estudio; ya que este trabajo se enfoca directamente en la obtención de información referente al tema. La cual cuenta con un enfoque mixto, ya que es necesaria la aplicación cualitativa y cuantitativa para la determinación y cuantificación de la cantidad de material de arrastre que pueda ser explotado en el río algodonal; donde las tasas de reserva y recarga deben ser calculadas a través del método ya planteado. Esta investigación presenta un alcance explicativo a partir de la recolección de información que permita identificar y conocer que estrategias se pueden implementar en las partes donde se realiza la restricción del material evitando así el deterioro de la fuente de estudio.

Los estudios de alcance descriptivo, tienen como propósito recopilar información sobre los acontecimientos que están sucediendo en la zona de estudio para especificar sus características y las propiedades de las afectaciones con el fin de brindar información acerca de la problemática que produce la extracción no controlada de material de arrastre en el río algodonal. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández Sampieri et al., 2014a, p. 92).

Los estudios de alcance explicativo pretenden determinar las causas que ocasionan los fenómenos estudiados y las relaciones que puedan existir.

Estos estudios van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández Sampieri et al., 2014b, p. 92).

En este proyecto se estudia la zona del tramo de san miguel en la cual se realiza una caracterización ambiental, ya que en esta zona es donde se presenta la extracción del material del río, por lo cual se darán a conocer los resultados posteriormente obtenidos a los pobladores y a las personas que realizan estas prácticas de explotación, para que tengan conocimiento en cuanto a los impactos generados y también si dicha práctica de extracción genera perjuicios o no a la fuente hídrica

3.1. Diseño metodológico.

La metodología se basa en tres fases, las cuales dan cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados, lo que permite alcanzar el objetivo general del presente proyecto.

Primera fase: Esta fase se realiza la caracterización ambiental del área de estudio.

Se obtienen imágenes de la zona de estudio mediante la descarga de ellas a través de Google Earth con una diferencia de 6 años entre las imágenes, con el fin de realizar un análisis multitemporal en el medio biótico de la zona de estudio.

Estas imágenes se llevan al programa de ArcGis en una versión libre, donde se realiza una georeferenciación y posterior mente se hace una digitalización de la zona de estudio con el fin de obtener datos exactos en cuanto a la pérdida de la vegetación por causa de la extracción de este material del lecho del río, lo que permite observar cual ha sido el deterioro ambiental generado por la explotación de material de arrastre en este tramo del río algodonal.

Segunda fase: en esta segunda fase se calcula el volumen de reserva y las tasas de extracción y reposición de material de arrastre en el tramo San Miguel del río Algodonal, con fines de obtener el volumen máximo de explotación.

Para el cálculo de la reserva se tiene en cuenta, que el ministerio de minas y energías recomienda trabajar con el método de perfiles transversales el cual consiste en lo siguiente:

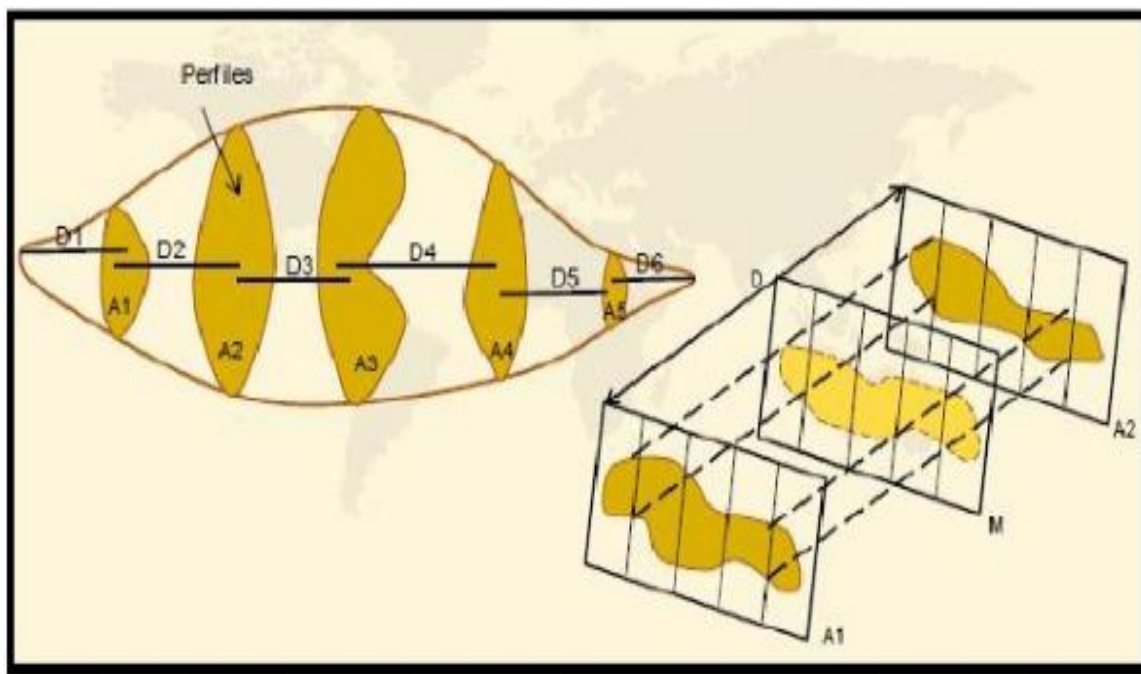


Figura 2. Estimación de reserva.

Fuente: Autor del proyecto.

a. Construcción de los perfiles: Este proceso se realiza mediante el trazo de tres perfiles perpendiculares al rumbo o flujo del río con una separación equidistante de 2 metros entre cada uno de ellos. Para esto se entierran tres estacas de madera con una separación de dos metros entre cada una de ellas por cada lado del río, luego se trazan cuerdas entre dos estacas de tal forma, que atravesase el flujo del río, creando con esto los tres perfiles.

b. Cálculo de las áreas entre perfiles: Las áreas se calculan mediante la multiplicación del ancho de cada perfil por la distancia que existe entre cada uno de ellos donde $A=L*L$. para la medición del ancho de cada perfil se tendrá en cuenta cuantos metros de cuerda

existe entre un extremo y otro de cada perfil y la distancia que existe entre cada perfil sería de dos metros ya que esa es la separación que hay entre cada uno de los dichos perfiles.

c. Cálculo de los volúmenes entre perfiles: El volumen del bloque comprendido entre perfiles se obtiene multiplicando el área de cada sección por la mitad de la distancia al perfil contiguo a cada lado (cada perfil genera un bloque) $V = \left(\frac{A \times D}{2}\right)$ y luego se suman los volúmenes para así obtener el volumen total del tramo.

d. Cálculo del peso específico del material: Para realizar este cálculo se toma una muestra de suelo del material de arrastre que es extraído en la zona de estudio y se envía al laboratorio de suelos para calcular su peso específico. La muestra de suelo es tomada mediante una muestra simple del lecho del río, con un peso aproximado de 1 kilogramo, la cual se empaca en una bolsa hermética, a la cual se le crea su respectivo rotulo para luego ser enviada al laboratorio.

e. Cálculo de la reserva: Se multiplica el volumen total obtenido del tramo de estudio por el peso específico del material de arrastre, para cuantificar la reserva del material en toneladas.

Luego para obtener la tasa de extracción y reposición de material de arrastre en el tramo San Miguel del río Algodonal se realiza el siguiente cálculo.

a. Cálculo de la tasa de extracción: Para realizar este paso es necesario realizar la consulta a un trabajador del sitio, sobre cuantas volquetas trabajan y son llenadas por día y cuál es el volumen que transporta cada una de estas, para con dicha información sacar un promedio del volumen de material que es extraído diariamente en el tramo.

b. Cálculo de la tasa de reposición:

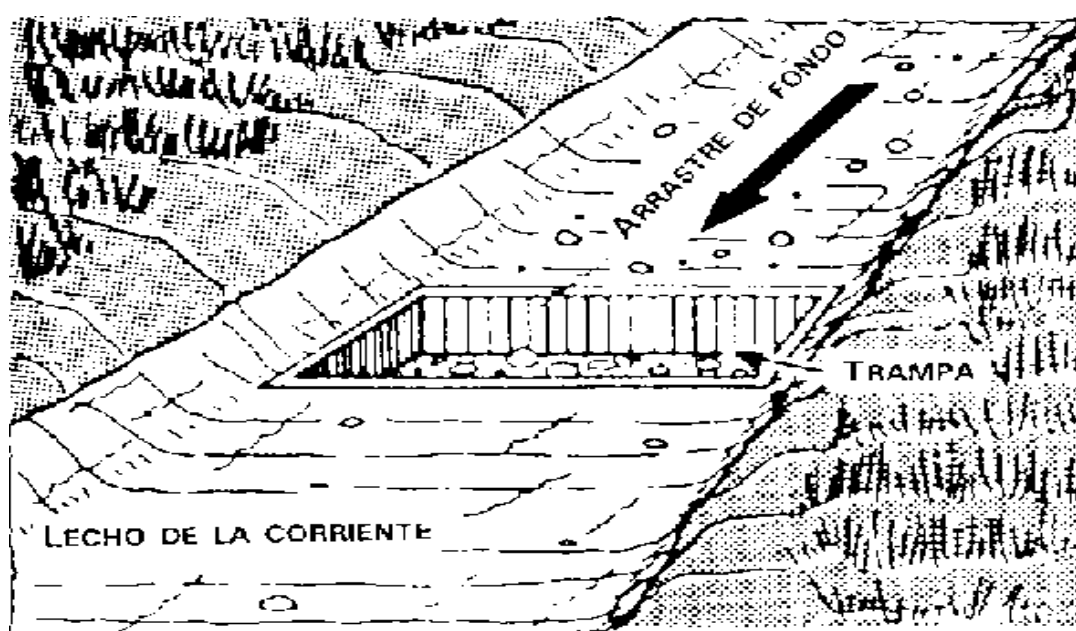


Figura 3. Transporte de sedimentos.

Fuente: Autor del proyecto.

Para el cálculo de la tasa de reposición o arrastre de fondo se construye una caja de vidrio con unas dimensiones de 40 cm de ancho, 40 cm de largo y 20 cm de alto.

Posteriormente se cava un agujero en el lecho del río con las mismas dimensiones de la caja creada, donde esta es ubicada en el agujero cavado durante un tiempo determinado con el fin de recolectar el material de arrastre transportado por el río.

Al ser extraída la caja del río, se separa el material sólido que este caso es el material de arrastre del líquido y luego se mide el volumen del material sólido recolectado, posterior a este proceso se multiplica por el peso específico del material y luego se implementa una regla de tres para conocer el volumen del material transportado por el río en el tramo de estudio.

De acuerdo con lo dicho por el ministerio de minas, (2013). El cual estipula que el volumen de explotación anual debe ser un porcentaje estimado de acuerdo a estudios específicos de recarga en el sitio de extracción, como también menciona que en los terrenos de proyectos de explotación de material de arrastre en ríos, se debe requerir la carga de sedimentos de fondo que transporta el río en el sitio de la explotación anualmente, para lo cual se podrán utilizar modelos numéricos y funciones de transporte de sedimentos como carga de fondo, sustentados de conformidad con las características del material de arrastre, las condiciones hidráulicas y la morfología fluvial.

Conforme a lo mencionado anterior mente, para este cálculo se tendrá como punto máximo de extracción un 75% del volumen determinado en la tasa de reserva y de recarga para que el 25% restante se quede en el lecho del río y no se generen alteraciones que afecten esta fuente hídrica. Luego de esto se realiza una comparación con los volúmenes de extracción con el fin de

determinar si se está extrayendo un mayor volumen del que se puede reponer naturalmente, lo que puede causar o está causando daños en la fuente hídrica.

Tercera fase: esta fase consiste en identificar, calificar y analizar los impactos ambientales generados por la actividad de extracción de material de arrastre.

Para esto se utiliza la matriz de identificación de impactos llamada matriz de causa y efecto, la cual permite identificar y calificar los impactos que se están generado en la fase de extracción de material de arrastre en el tramo san miguel del rio algodonal; también se genera una segunda matriz de calificación de impactos llamada Battelle Columbus, donde se introducen funciones lo que permite calificar cada impacto y conocer en que rango se encuentra; por último se analizan los resultados arrojados por cada matriz con el fin de tener un diagnóstico del estado en que se encuentra la zona de estudio.

Capítulo 4. Cronograma de actividades.

Tabla 1. Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	MESES															
	1				2				3				4			
	SEMANAS															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Descarga y análisis de imágenes satelitales.	■	■														
2. Análisis de las imágenes satelitales.			■													
3. Toma de datos numéricos mediante salida a campo en el lugar de estudio.				■	■	■										
4. Recolección de una muestra de material pétreo o material de arrastre.					■	■										
5. Conteo del número de volquetas llenadas con material de arrastre en el día.						■	■									
6. Envío de la muestra recolectada al laboratorio de suelos.							■	■								
7. Entrega de los resultados del laboratorio de suelo.								■	■							
8. Tabulación de los datos obtenidos en campo.									■	■						
9. Calculo de áreas y volúmenes mediante trabajo de oficina.											■	■				
10. Determinación de los volúmenes máximos de explotación de material de arrastre.												■	■			
11. Realizar la matriz de identificación y calificación de impactos.													■	■		
12. Analizar los resultados de la matriz de identificación de impactos.																■

Fuente: Autor del proyecto.

Capítulo 5. Presupuesto.

5.1. Recursos Humanos.

Sergio Ascanio, Ingeniero Ambiental del municipio de Abrego, cuyo rol es servir de guía en el municipio de Abrego, como apoyo en la entrada y visita al sitio de estudio para obtener los datos requeridos y lograr los objetivos propuestos. Sergio ayuda en la elección de un sitio confiable donde se esté realizando la explotación de material de arrastre y se pueda acceder sin tener inconvenientes con trabajadores y con demás habitantes aledaños al área de investigación; acompañando a los investigadores al lugar y siendo partícipe de las diferentes actividades realizadas.

Arnaldo Quintero Medina, quien se desempeña como músico. Es un acompañante de los investigadores y familiar de uno de ellos; se encarga de prestar ayuda en la realización del método de los perfiles que se llevó a cabo en el tramo estudiado y la colocación de la caja de vidrio para hallar la tasa de reposición, además del transporte hacia el sitio prestando su vehículo.

Luis Arévalo, habitante del municipio de Abrego. Es el encargado de brindar la información sobre los trabajadores, la maquinaria pesada y las volquetas que se emplean en el sitio de investigación, para con esta información obtener la tasa de extracción.

Wilson Angarita castilla, director del proyecto de grado. Encargado de guiar, orientar y hacer seguimiento durante el desarrollo de la tesis planteada, para con ello obtener los objetivos planteados.

Angélica Milena Sánchez Osorio, estudiante de Ingeniería Ambiental. Investigadora del proyecto de grado.

Carlos Mario Martínez Jiménez, estudiante de Ingeniería Ambiental. Investigador del proyecto de grado.

5.2. Recursos Institucionales.

Plan de estudios de ingeniería civil- UFPSO; con el préstamo del laboratorio de suelos para realizar la determinación del volumen y peso específico de la muestra de suelo, los cuales son datos fundamentales para realizar las distintas fases del proyecto.

Laboratorio de topografía- UFPSO; con el préstamo de la cinta métrica para la toma de medidas necesarias en la ejecución del proyecto.

5.3. Recursos financieros.

Tabla 2. Recursos financieros.

Concepto	Valor
Transportes	\$34.000
Caja de vidrio	\$30.000
Decámetro	\$90.000
Rollo de cuerda plástica	\$5.000
Estacas de madera	\$12.000
Laboratorio de la muestra	\$70.000
Llamadas telefónicas de coordinación	\$7.000
Bolsa hermética	\$3.000
Cinta enmascarar	\$3.000
Comidas	\$40.000
Papelería	\$10.000
Accesorias docentes	\$300.000
Imprevistos 10%	\$60.400
Total	\$664.400

Fuente: Autor del proyecto.

Capítulo 6. Resultados

6.1. Caracterización ambiental del área de estudio.

En esta fase se realizaron dos salidas gráficas en el programa de Arcgis, basadas en la descarga de dos imágenes desde Google earth, con una diferencia de 6 años entre cada una de ellas y en estas se logró observar la zona en la que se realiza la explotación de materiales de arrastre en el río. Esto con el fin de conocer datos reales en cuanto a algunas características físicas del río y de su entorno.



Figura 4. Imagen del año 2013.

Fuente: Autor del proyecto.

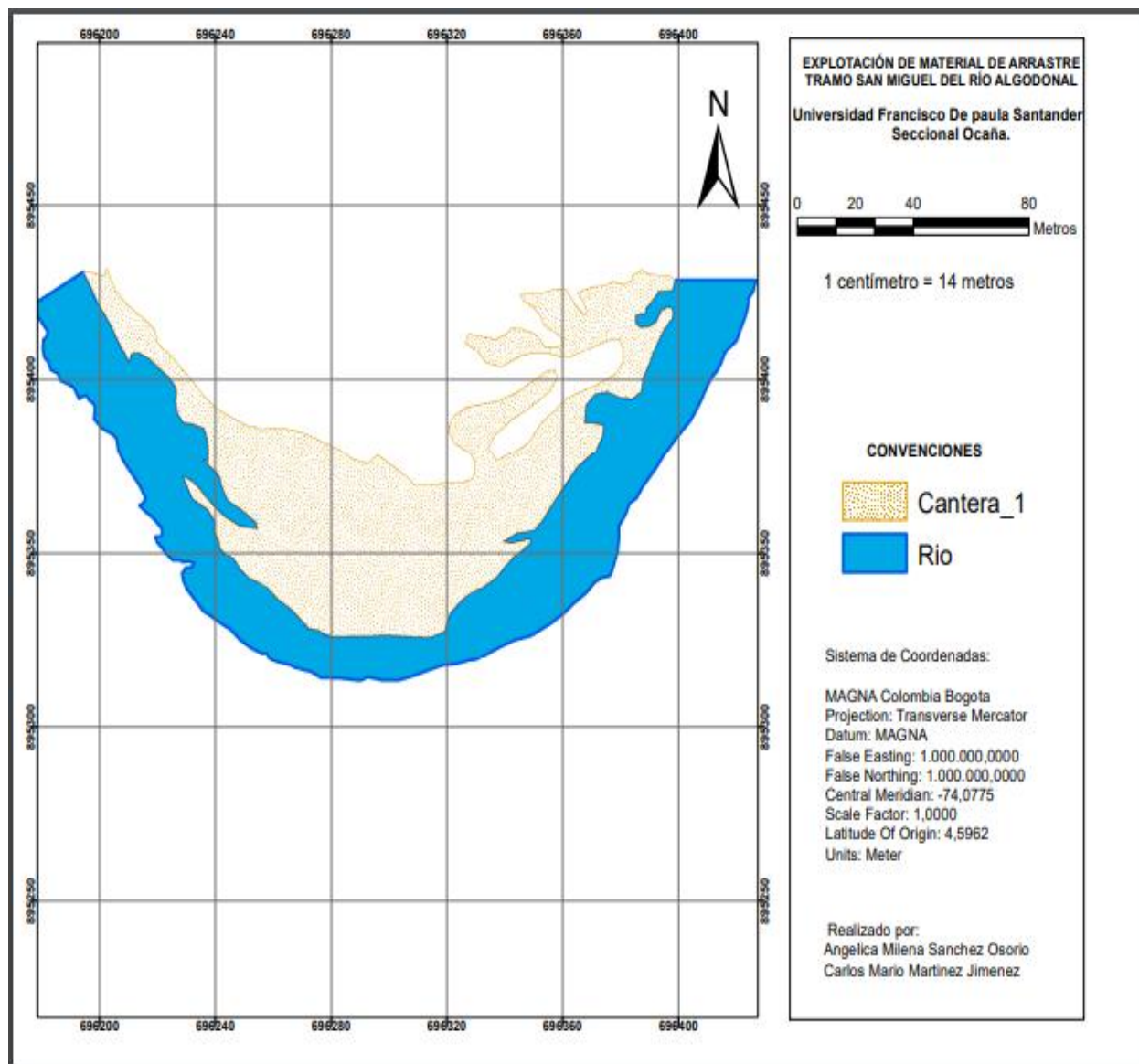


Figura 5. Salida gráfica del año 2013.

Fuente: Autor del proyecto.

De esta primera salida gráfica se determinó el área de cantera en la cual se instalan las maquinarias encargadas de coleccionar y transportar el material pétreo, el valor de dicha cantera fue de 7131,926 m²; también se determinó el ancho del rio en un punto específico con coordenadas

planas (696306.31 m E- 895324.43 m N), cuyo valor fue de 12,7 m, calculada entre la dos orillas del río.



Figura 6. Imagen del año 2019.

Fuente: Autor del proyecto.

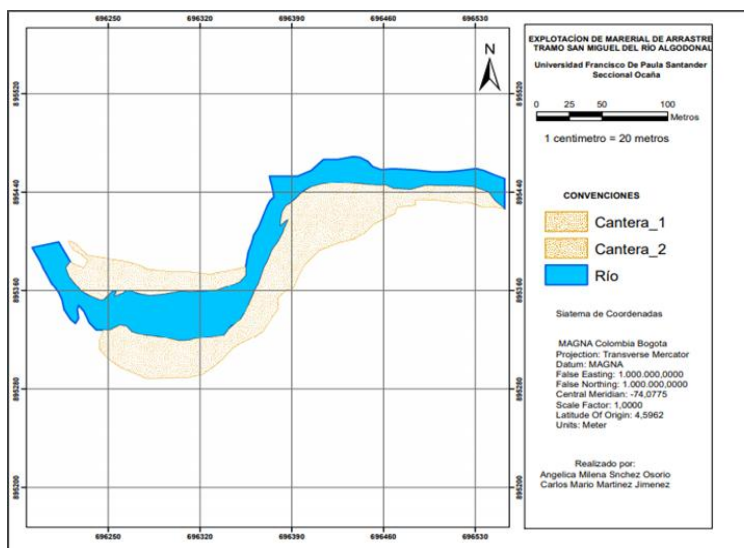


Figura 7. Salida gráfica del año 2019.

Fuente: Autor del proyecto.

En la salida gráfica para el año 2019 se logró observar que existen dos canteras donde la primera es en la que se extraía el material de arrastre inicialmente, pero debido a que se realizó una serie de terraplén dentro del río, este se fue desviando y con ello se dio la aparición de la segunda cantera. La primera cantera (cantera_1) presenta un área de 9407, 449 m² y, la segunda cantera (cantera_2) un área de 2719, 928 m² generando un área total de cantera igual a 12127, 377 m² y un ancho de 40,2 m tomada en el mismo punto en el que fue tomado el ancho para el año 2013.

Por lo tanto, se puede determinar la pérdida de cobertura en el periodo de 6 años, mediante la resta del área total de las canteras en el 2019 menos el área de la cantera que existía en el año 2013; por siguiente el resultado de dicha perdida de cobertura seria de 4995, 451 m².

Tabla 3. Parámetros salida gráfica 2013.

Parámetros obtenidos para el año 2013	
Área cantera_1	7131,926 m ²
Ancho del rio	12,7 m

Fuente: Autor del proyecto.

Tabla 4. Parámetros salida grafica 2019.

Parámetros obtenidos para el año 2019	
Área cantera_1	9407, 449 m ²
Área cantera_2	2719, 928 m ²
Área total (cant. _1 + cant. _2)	12127, 377 m ²
Ancho del rio	40,2 m

Fuente: Autor del proyecto.

6.2. Calcular el volumen de reserva y las tasas de extracción y reposición de material de arrastre en el tramo San Miguel del río Algodonal.

6.2.1. Cálculo de la tasa de reserva. Esta fase se realizó mediante la toma de datos en la zona de estudio, donde para construir los perfiles transversales se trazaron tres cuerdas, las cuales fueron sujetadas con estacas de madera, de tal forma que atravesaran el flujo de agua y que uniera cada una de las orillas del río, entendiéndose a cada una de estas como un perfil; dichos perfiles se encontraban separados dos metros (2 m) entre ellos, donde la longitud obtenida para cada perfil la siguiente: 20,7 m para el primer perfil, 19,40 m para el segundo perfil y de 19,30 m para el tercer perfil, como se muestra en la siguiente gráfica.

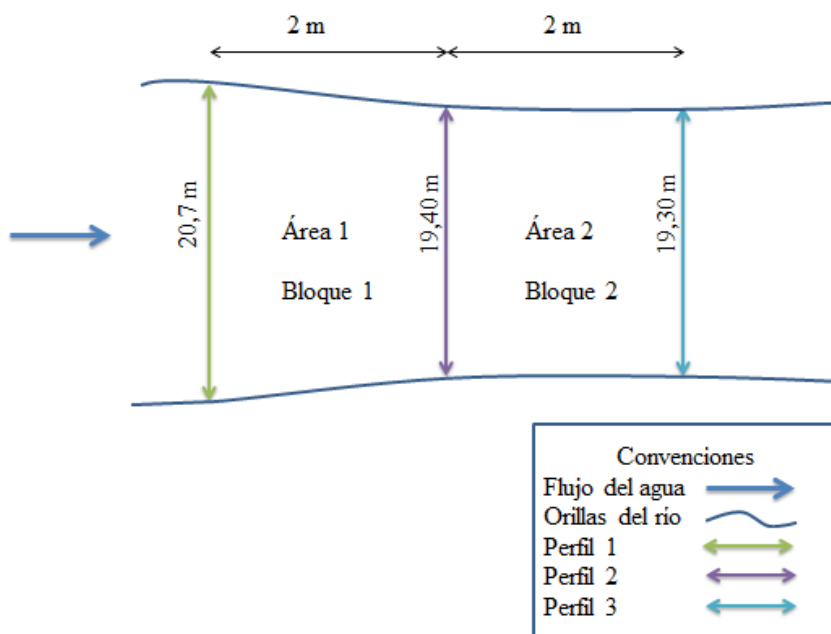


Figura 8. Perfiles para el cálculo de la tasa de reserva.

Fuente: Autor del proyecto.

Para calcular las áreas existentes entre los perfiles se determinaron las áreas con cada uno de los perfiles, multiplicando la longitud de cada perfil por la distancia entre los perfiles. La primera área (área 1) es el promedio del área del perfil más el área del perfil 2, dividido entre 2; y para la segunda área (área 2) se determinó su valor sacando el promedio entre el perfil 2 y el perfil 3, para lo cual el área 1 tiene un valor de 40,1 m² y el área 2 de 38,7 m².

Tabla 5. Valores de las áreas para estimar la reserva.

ARÉA	VALOR (m²)
Perfil 1	41,4
Perfil 2	38,8
Perfil 3	38,6
Área 1	40,1
Área 2	38,7

Fuente: Autor del proyecto.

Para la estimación de los volúmenes esta se obtuvo mediante la multiplicación del área de cada sección por la mitad de la distancia al perfil contiguo que es el bloque generado entre los perfiles, donde el volumen del bloque 1 se obtuvo mediante la multiplicación del área 1 por la distancia al perfil contiguo que es de 2 metros sobre 2 y el volumen del bloque 2 se obtuvo mediante la multiplicación del área 2 por la distancia entre perfiles que fue de 2 m dividido entre 2.

Tabla 6. Valores de los volúmenes para estimar la reserva.

Volumen	Valor (m3)
Bloque 1	40,1
Bloque 2	38,7

Fuente: Autor del proyecto.

Para la determinación del peso específico se llevo la muestra de arena al laboratorio de suelos de la universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, donde se halló el peso específico para una muestra de suelo seco y para una muestra húmeda. Para la muestra de suelo seco se tomo un volumen de 100 cm³ en una probeta y posterior a esto, se peso dicho volumen obtenido en una balanza digital y para la muestra de suelo húmedo se tomo un volumen de 500 cm³ y posteriormente se peso en la balanza.

Yepez, (2015). Describe el peso especifico del suelo como la relacion entre el peso del suelo y su volumen, cuya operación se realizó para determinar el peso especifico de las dos muestras estudiadas. Para la muestra de suelo seco cuyo volumen fue de 100 cm³, el cual se pasó a metros cúbicos arrojando un valor 1×10^{-4} m³ y para la muestra húmeda un valor de 500 cm³ que al pasarlo a metros cúbicos de 5×10^{-4} m³. El peso en gramos de la muestra de suelo seca fue de 164,85 gr que al pasarlos a toneladas equivale a $1,648 \times 10^{-4}$ Ton y el peso obtenido para la muestra seca fue de 846,36 gr que equivalen a 8,464 Ton. Con estos valores de peso y volumen se halló el peso específico, el cual para la muestra de agua seca fue de 1,648 Ton/m³ y para la muestra húmeda de 1,693 Ton/m³.

Tabla 7. datos de volúmenes y peso para la estimación de la reserva.

PARÁMETRO	VALOR
Volumen muestra seca	$1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Volumen muestra húmeda	$5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Peso muestra seca	$1,648 \times 10^{-4} \text{ Ton}$
Peso muestra húmeda	$8,464 \times 10^{-4} \text{ Ton}$
Peso específico arena seca	$1,648 \text{ Ton/m}^3$
Peso específico arena húmeda	$1,693 \text{ Ton/m}^3$

Fuente: Autor del proyecto.

Al calcular la estimación de la reserva de arena que existe en el río se multiplicó el volumen total obtenido en el tramo por el peso específico de la arena húmeda ya que el material de arrastre se extrae directamente del río. El valor de la reserva estimada corresponde a 133, 408 Ton.

6.2.2. Cálculo de la tasa de extracción y reposición. Para determinar cual es la tasa de extracción, se consultó a una persona encargada de realizar este proceso en el área de estudio, cuyos datos obtenidos fueron los siguientes: en el lugar de explotación de material de arrastre del tramo investigado trabajan 5 volquetas, en donde cada una de estas realiza 8 viajes al día, por la cual se puede determinar que son realizados 40 viajes de material.

También se tiene que cada volqueta transporta 7, 5 m³ de dicho material, por lo que se logró con cierta información estimar el volumen de material que es extraído por día, mediante la

multiplicación de de los 40 viajes por los 7,5 m³ que son transportados en cada viaje, por lo tanto el volumen de material extraído por día es de 300 m³. El cual luego de ser multiplicado por el peso específico de la arena húmeda, se determina que la tasa de extracción es de 507,9 ton de material.

Para calcular la tasa de reposición se construyó una caja de vidrio de 5 líneas de grosor, con el fin de que esta tuviera la suficiente resistencia a la presión ejercida por el agua; esta caja se instaló en el lecho del río mediante la realización de una calicata que contó con las mismas dimensiones de la caja (40 cm de largo, 40 cm de ancho y 20 cm de alto). Dicho hueco se realizó con una pala plana que es una herramienta manual.

La caja fué dejada en el fondo del río por 1 hora con el fin de atrapar los sedimentos que fueran transportados durante el periodo planteado, luego del tiempo transcurrido (1 hora) se sacó la caja del río y se esperó a que todos los sedimentos quedaran en el fondo de esta para así posteriormente obtener el volumen de arena transportada; dicha muestra se halló en el laboratorio de suelos de la universidad Francisco de Paula Santander, mediante su vértido en una probeta graduada y el resultado adquirido fue un valor fue de 100 cm³ en un tiempo de una hora.

Tabla 8. volumen de arena transportado por el río.

PARÁMETRO	VALOR
Volumen de arena transportado	100 cm ³

Fuente: Autor del proyecto.

Luego del proceso anterior se estima el volumen de material transportado en el tramo de estudio mediante la aplicación de una regla de tres, donde se estimó el área de la caja de vidrio con el volumen obtenido y con esto se aplicó la operación para el área total.

Tabla 9.volumen de sedimentos transportado.

AREA EN m2	V'OLUMEN DE ARENA EN m3
Caja = 0,32	1×10^{-4}
Tramo= 78,8	0,025 en 1 hora.

Fuente: Autor del proyecto.

Para calcular la tasa de reposición que tiene el tramo en un día se multiplica el volumen de reposición que tiene el tramo en una hora por las 24 horas que tiene un día, por lo que dicho valor sería de 0,6 m³ en un día.

Con esto se estimó la tasa de reposición donde fue multiplicado el volumen de material transportado en el tramo estudiado por el peso de la área húmeda, donde el valor de este parámetro sería de 1,0158 ton cuando fluye un caudal de 2,308 m³/s.

6.2.3. calculo del volumen máximo de explotación. Conforme a lo mencionado por el Ministerio de Minas, (2013). Para este cálculo se tendrá como punto máximo de extracción un 75% del volumen determinado en la tasa de reserva y de recarga para que el 25% restante se quede en el lecho del río y no se generen alteraciones que afecten esta fuente hídrica. Según lo dicho anteriormente se realizó una comparación con los volúmenes de extracción con el fin de

determinar si se está extrayendo un mayor volumen, lo que podría estar causando daños en la fuente hídrica y a su entorno.

El volumen de explotación obtenido luego de realizar este cálculo fue un valor de 59,1 m³ lo que equivale a 100,056 Ton luego de multiplicar el resultado del volumen por el peso específico de la arena mojada.

6.2.4. Estimación del caudal en el tramo. En esta fase se creó un perfil que atravesó el río de una orilla a la otra con una cuerda y en él se sacaron cinco perfiles verticales al perfil mencionado, a los cuales le fueron tomadas sus respectivas medidas. Luego se calculó la velocidad del río mediante la toma de 6 tiempos en una distancia de 10 m.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Ancho del perfil 20,15 m el cual fue repartido en cinco secciones, en donde las 4 primeras tienen una distancia de 4,14 m y la última de 3,59 m, cada una de estas secciones es un perfil vertical, para los cuales se halló la profundidad como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Datos de campo para el cálculo del área.

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m) ¹
1	0	0
2	4,14	0,48
3	4,14	0,38

4	4,14	0,16
5	4,14	0,22
6	3,59	0,413

Fuente: Autor del proyecto.

Luego de obtener los datos anteriores se determinó el área de la sección del río mediante la sumatoria de las áreas comprendidas entre perfiles, para la primera área se utilizó la fórmula de un triángulo donde $A = \text{Base} \times \text{Altura} / 2$ y para las secciones 2, 3, 4 y 5 se calcularon mediante la fórmula de un trapecio, donde $A = (\text{Base mayor} + \text{Base menor}) \times \text{Altura} / 2$.

En donde el área 1 fue de 0,994 m², el área 2 de 1,027 m², el área 3 de 0,521 m², el área 4 de 0,535 m² y el área 5 de 0,851 m². Para las cuales se obtuvo un área total de 3,919 m².

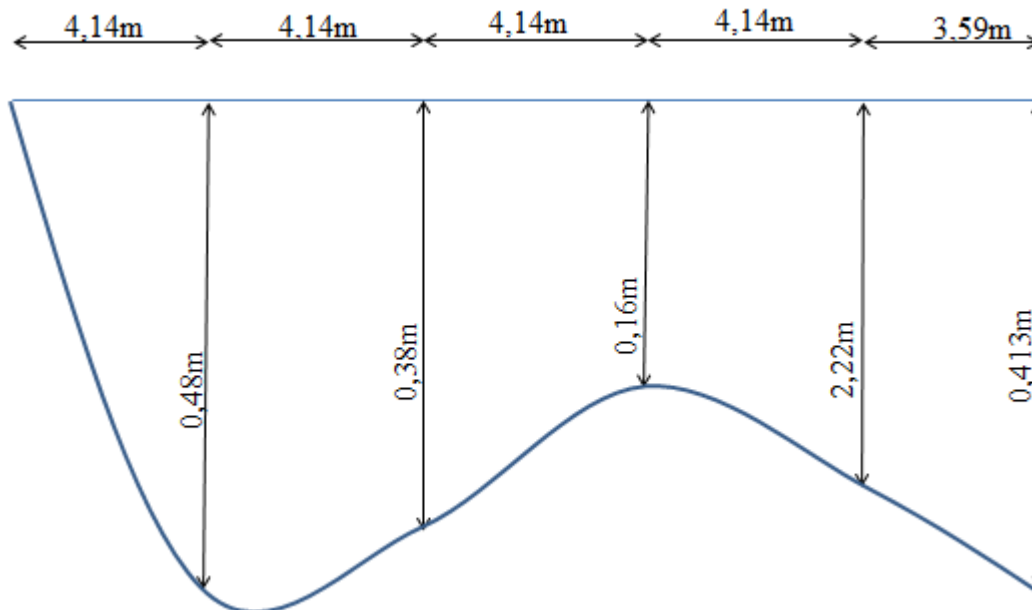


Figura 9. Perfil del río para el cálculo de caudal.

Fuente: Autor del proyecto.

Para calcular los tiempos se usó una pelota de plástico, para la cual se le calculó 6 en seis oportunidades el tiempo que demorara en recorrer 10 m de distancia en el río, para con esto sacar un tiempo promedio cuyo valor fue de 16,97 segundos.

Tabla 11. Tiempos para estimar la velocidad del flujo de agua.

Tiempo	Valor (s)
1	17,43
2	17,85
3	16,85
4	17,68
5	16,49
6	15,52

Fuente: Autor del proyecto.

Luego se determinó la velocidad, donde se dividió la distancia de 10 m que recorrió la pelota sobre el tiempo promedio, para lo cual la velocidad que se obtuvo fue de 0,589 m/s. Con los datos obtenidos de la velocidad y el área, se procede a determinar el caudal con el que fluye el río, mediante la multiplicación de la velocidad por el área, cuyo valor fue de 2,308 m³/s

6.2.5. Identificación, calificación y análisis de los impactos ambientales generados por la actividad de extracción de material de arrastre. Se identificaron quince (15) impactos en cinco (5) componentes en la matriz de identificación de impactos conocida como matriz de causa y efecto, de la siguiente manera:

Matriz de identificación de impactos ambientales causa y efecto.		ETAPA EXTRACCION						
		Labores de arranque y explotación	cargue del material	transporte de material	acepio del material	comercialización		
	Impactos							
aire	Contaminación por ruido	x	x	x	x	X	5	24%
	Contaminación por gases y material Particulado	x	x	x	x	X	5	
suelo	Compactación del suelo por transporte de material		x	x	x		3	22%
	Erosión por socavación lateral y de fondo	x					1	
	Cambio del uso del suelo	x			x		2	
	Hundimientos y subsidencia del terreno		x	x	x		3	
Paisaje	Deterioro de la calidad del paisaje	x	x	x	x		4	10%
Agua	Derrame de aceites, lubricantes, grasas, gasolina, ACPM y otros	x	x				2	15%
	Modificación de la dinámica fluvial	x					1	
	Sedimentación del cauce	x	x				2	
	Deterioro en la composición de la biota acuática sin implicar su desaparición	x					1	
Socio económico	Generación de empleo	x	x	x	x	X	5	29%
	Desvalorización de la propiedad	x			x		2	
	Aparición de conflictos sociales	x	x	x	x	X	5	
							41	
		12	10	8	10	4	44	
		27%	23%	18%	23%	9%	100%	

Figura 10. Matriz de identificación de impactos ambientales

Fuente: Autor del proyecto.

Componente aire: la afectación ocasionada en el aire se da principalmente por dos impactos identificados que son la contaminación por ruido generada por la maquinaria manejada

en los diferentes procesos de la actividad y el segundo impacto es la contaminación por gases y material Particulado producido por el transporte y la maquinaria.

Componente Suelo: los daños identificados que se originan al suelo son la compactación por el transporte de material, debido a que la carga tiene un peso mayor al de las volquetas que lo transportan y el resto de maquinaria que trabaja en la zona; como segundo impacto esta la erosión por socavación lateral y de fondo, en cuanto a la lateral se obtuvo que esta es producida por la remoción del material superficial y la de fondo es generada por la extracción del material del fondo del lecho del tramo produciendo un desequilibrio entre el material extraído y el de reposición; seguido fue identificado el cambio del uso del suelo, ya que el uso de suelo en esta área era agrícola y pecuario y por las actividades de explotación cambia a un uso de suelo minero; y por último se halló el hundimiento y subsidencia del terreno debido al peso que posee la maquinaria pesada empleada en la zona y las volquetas generando así dichos daños en los caminos y vías recorridas.

Componente Paisaje: se tiene como principal impacto identificado el deterioro de la calidad del paisaje por diferentes aspectos como la creación y apertura de vías de acceso nuevas, la entrada y salida de vehículos pesados constantemente y la contaminación visual que se crea en el entorno por todo el proceso de la extracción y transporte del material.

Componente Agua: se identificó como primer impacto el derrame de aceites, lubricantes, grasas, gasolina, ACPM y otros, todos estos son producidos por la maquinaria pesada que trabaja en el sitio junto con las volquetas, debido a que estos vehículos pueden sufrir cualquier tipo de

derrame durante su funcionamiento o labores en las actividades de extracción y este puede caer directamente al agua o al suelo ocasionando contaminación.

Componente socioeconómico: los impactos que se identificaron en este componente es la generación de empleo que crea un impacto positivo para la comunidad de la región de Abrego, creando en ellos fuentes de ingresos para sus familias y para el municipio; otro impacto es la desvalorización de tierras que si es negativo, debido a que las características del terreno cambian por las actividades que se están incorporando y al ser vendidas su valor va a decrecer y posteriormente se originan pérdidas en los propietarios; y por último se identificó la aparición de conflictos sociales, ya que en una parte de la población se evidencia una inconformidad que va en contra de la extracción del material de arrastre del río y otra parte se encuentra a favor, generando así discusiones entre los habitantes y provocando conflictos en ambas posiciones de la población.

Los impactos ya mencionados son producidos en las cinco (5) etapas de la extracción, que es la fase que se estudia en el presente proyecto de investigación:

Labores de arranque y explotación: esta primera fase es realizada con equipos mecánicos que ejecutan la excavación y posteriormente extracción de grandes cantidades de material pétreo. Este proceso suele llevarse a cabo en un tramo del río donde exista el material a una profundidad menor a 20 metros, siendo así extraído y ubicado a un lado del río donde es depositado y posteriormente cargado para ser transportado.

Cargue del material: Cuando el material es depositado en la orilla o playa del río, los obreros se encomiendan de cargar este a las volquetas, mediante el paleo, en algunas ocasiones, pero en la mayoría de los casos este cargue lo realizan las maquinas que extraen el material del río y directamente lo depositan en los vehículos que se encargan del transporte.

Transporte del material: Consiste en el traslado del material a través de vehículos que en este caso son volquetas, hacia el sitio donde se van a acopiar o a una planta de beneficio.

Acopio del material: Durante esta etapa se almacena el material extraído del río para que posteriormente sea comercializado o procesado en una planta; las volquetas se encargan de descargar el material y este luego es arrumado por obreros a través del paleo. En este caso el material es depositado a las orillas de la carretera de la vía que conduce al municipio de Abrego N.S.

Comercialización: En esta última etapa es vendido el material a personas particulares o empresas, el precio que se maneja en el sitio del proyecto es de 360.000 pesos por volqueta de material; además se fija un precio dependiendo el tipo de material pétreo que es extraído este puede ser tierra fina con un valor por volqueta 160.000 pesos y tierra triturada con un valor de 140.000 pesos por volqueta.

La matriz de Battelle Columbus se realizó para la calificación de los impactos identificados en la matriz anterior, a través de funciones de transformación en cada uno de los impactos de los cinco componentes analizados. Algunos de los datos que se utilizaron en la matriz fueron obtenidos a través de antecedentes investigativos en otros proyectos realizados y los demás datos

fueron hallados por los investigadores de este proyecto; donde se encontraron los parámetros de cada impacto con proyecto y sin proyecto donde se realizó una función de transformación con los valores obtenidos, para consecutivamente con ello obtener una valoración del impacto en cuanto a la calidad ambiental y la UIA (unidad de importancia ambiental).

Para realizar la matriz de calificación, de los impactos ambientales generados por las distintas actividades que se realizan en el proceso de explotación de material de arrastre, se utilizaron ecuaciones de transformación con el fin de obtener la calidad ambiental.

Un ejemplo ilustrativo es el que se realiza con el ruido en donde se muestra cómo se utiliza las ecuaciones mencionadas anteriormente. A través de estudios que se habían realizado en otros proyectos se logró conocer cuáles eran los decibels que presentaban las maquinarias que se encargan de esta labor (volquetas y retroexcavadora), Cuyo valor fue de 77,9 db y como también se estimó un valor de 45 db de ruido sin proyecto teniendo en cuenta que 110 db es el nivel máximo aceptado.

La ecuación de transformación utilizada está basada en un modelo desarrollado por la EPA, la cual consta de un algoritmo de cálculo que nos permite conocer el parámetro estudiado.

Dicha ecuación es:

$$ICA = \frac{Valor\ max - Valor\ parametro}{Valor\ max - Valor\ min}$$

En donde el valor máximo es de 110 db y el valor del parámetro es el obtenido que es de 77,9 db y el valor mínimo es de 45 db. Arrojando un valor del 0,49, siendo 1 el valor cuando la calidad es buena por lo tanto se observa que es una función decreciente, por lo cual es probada con una serie de datos para ratificar lo dicho mediante una gráfica.

Tabla 12. Datos del ruido.

Ruido	
40	1,0
50	0,9
60	0,7
70	0,6
80	0,4
90	0,3
100	0,1
110	0,0

Fuente: Autor del proyecto.

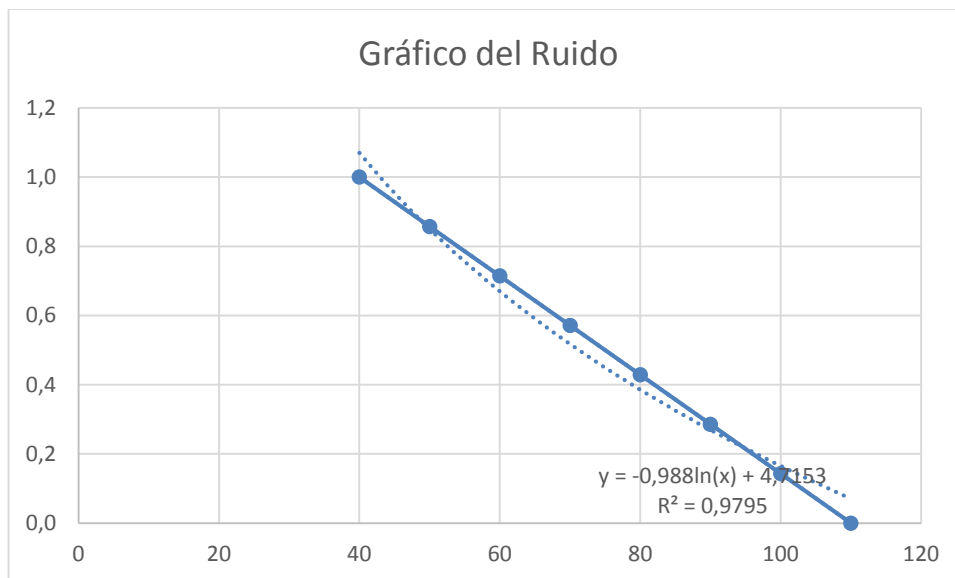


Figura 11. Grafico del ruido.

Fuente: Autor del proyecto.

Por último, se realizó una clasificación de la importancia de cada impacto ambiental teniendo en cuenta un rango determinado que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. calificación de impactos ambientales.

Calificación ambiental (puntos)	Importancia del impacto ambiental
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante
>2.5 y ≤ 5	Moderadamente significativo o moderado
<5 y ≤ 7.5	Significativo o severo
>7.5	Muy significativo o critico

Fuente: Autor del proyecto.

Socio económico	2,7	Socio económico	2,9	Generación de empleo	0,12	0,95	0	20	0	0,4	0,00	0,38	0,38	38	Moderado		
				Desvalorización de la propiedad	0,04	0,39	0	82	1	9	0,82	0,34	0,34	0,04	0,38	4	Irrelevante
				Aparición de conflictos sociales	0,12	0,95	0	55	1	75	0,55	0,91	0,71	0,21	0,25	25	Moderado

Fuente: Autor del proyecto.

Conclusiones

En la caracterización del área de estudio se obtiene una pérdida de 4995,451 m² de cobertura debido a que en el año 2013 la cantera contaba con un área de 7131,926 m² y un ancho de 12,7 m, posteriormente en el año 2019 se generan 2 canteras debido a la desviación que realizaron en el tramo del río, cuya área total es de 12127,37783 m² y un ancho igual a 40,2 m, siendo esta pérdida por motivos de la actividad de explotación que se realiza en dicho tramo, donde este es uno de los impactos generados en el transcurso del tiempo, indicando así una pérdida de cobertura notable y un cambio en la dinámica del río ya que el ancho de este aumentó 27,7 m en 6 años.

Los valores obtenidos de cada una de los parámetros estudiados fueron los siguientes:

Tabla 15. Resultado de los parámetros.

Parámetros	Valor
Tasa de reserva	133,408 Ton
Tasa de reposición (Caudal 2,308 m ³ /s)	0,0423 ton
Tasa de extracción	507,9 ton
Volumen máximo de explotación (75%)	59,1 m ³ - 100,056 Ton
Volumen de reserva (25%)	19,7 m ³ - 33,4 Ton.

Fuente: Autor del proyecto.

Por lo que se concluyó que la cantidad de material que se está extrayendo del tramo San Miguel en el Rio Algodonal supera la capacidad que tiene dicha fuente hídrica para reponer esta cantidad de material que esta siendo explotado, es por esto que se evidencia un aumento en el ancho del rio, lo que ha conllevado a que su cauce presente modificaciones en su dinámica fluvial. Con lo anterior se obtuvo el volumen máximo de explotación que es de 59,1 m³ lo que equivale a 100,056 Ton, que es la cantidad máxima de material de arrastre que pueda ser extraído en este tramo del rio dejando un 25% de la tasa de reserva que son 19,7 m³ que equivale a 33,4 Ton, para que no se genere un deterioro en el rio.

Según los impactos identificados a través de los dos tipos de matrices realizadas se evidencia que en las diferentes etapas de la fase de extracción de material de arrastre en el tramo San Miguel del rio Algodonal, se generan impactos en los cinco componentes estudiados; la matriz de identificación de impactos nos indica que el componente más afectado es el socio-económico con un porcentaje de 29% mostrando así que los impactos negativos más significativos son la desvalorización de la propiedad y la aparición de conflictos, y como impacto positivo esta la generación de empleo; en segundo lugar se encuentra el componente aire con un porcentaje de 24% donde los impactos son la contaminación por ruido, la contaminación por gases y material Particulado, luego está el componente suelo con un 22% con los impactos de compactación del suelo por transporte de material, erosión por socavación lateral y de fondo, cambio del uso del suelo y hundimientos y subsidencia del terreno, siendo estos tres los componentes más afectados en la fase de extracción y los componentes de agua con un 15% y paisaje con un 10% son los de menor porcentaje. En cuanto a las etapas identificadas en la fase de extracción, en la que más se ocasionan impactos es en las labores de arranque y explotación

con un 27%, en segundo lugar, se encuentran el cargue del material y el acopio del mismo con un 23% y las etapas de transporte del material con un 18% y la comercialización con un 9% son las de menor porcentaje.

En la matriz de calificación de impactos llamada Battelle Columbus, obtenemos que el impacto ambiental por compactación del suelo por transporte del material es crítico, es decir que la calificación ambiental es mayor a 7.5 indicando que su magnitud supera el valor aceptable produciendo cambios y daños irreversibles; como impactos severos están la contaminación por ruido y la modificación de la dinámica fluvial con una calificación entre 5 y 7.5, donde los daños ocasionados por dichos impactos es alta y su recuperación a un estado aceptable o normal a las condiciones del medio son a largo plazo; como impactos moderados se tiene el deterioro de la calidad del paisaje, la sedimentación del cauce, la generación de empleo y la aparición de conflictos sociales con una calificación entre 2.5 y 5, siendo estos no tan altos pero no menos importantes, cuya recuperación del medio puede ser a mediano plazo; y como impactos irrelevantes se encuentran contaminación por gases y material Particulado, erosión por socavación lateral y de fondo, cambio del uso del suelo, hundimiento y subsidencia del terreno, derrame aceites, lubricantes, grasas, gasolina, ACPM y otros, deterioro en la composición de la biota acuática sin implicar su desaparición y la desvalorización de la propiedad, con una calificación menor a 2.5 siendo estos los de menor importancia pero al igual que los demás ocasionan daños en los componentes que se analizan de una forma menor.

Recomendaciones

Según la ejecución y obtención de los resultados del presente trabajo se realizan las siguientes recomendaciones para que en investigaciones futuras estas sean de ayuda, consiguiendo así una mejora continua del mismo.

Debido a la pérdida de cobertura que presenta la zona de estudio y el aumento del anchor del río se deben implementar medidas de corrección y compensación, por parte de las empresas encargadas de ejecutar estas actividades con la ayuda de las autoridades.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos del proyecto en cuanto a las tasas de extracción y reposición en el tramo estudiado, es importante ejercer un mayor control por parte de las autoridades ambientales competentes en cuanto la extracción este tipo de materiales en el río para que dicha cantidad no supere el volumen máximo de explotación, presentándose las menores alteraciones posibles a la fuente hídrica.

Teniendo en cuenta que esta es una actividad ilegal las autoridades ambientales son las que deben tomar medidas sobre los impactos determinados según la gravedad del daño ocasionados en cada uno de los componentes analizados, que pueden ser de prevención, mitigación, corrección o compensación, ayudando con ello a que en las etapas de la fase de explotación de material de arrastre se disminuyan o eviten los daños que se están ocasionado en los componentes agua, suelo, paisaje y socio-económico, teniendo como prioridad aquellos que son de mayor significancia

Referencias

Alarcón, (2016). Diseño exploratorio para materiales pétreos en el río Bolad del de la concesión minera María Felicia. Recuperado de:

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5831/1/12151.pdf>

Alcaldía Municipal de Ocaña en Norte de Santander, 2018. Nuestro Municipio. Recuperado el 14 de mayo del 2019 de: <http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Autorizan extracción de arena en el río Algodonal. La opinión. Recuperado el 09 de mayo del 2019 de: <https://www.laopinion.com.co/ocana/autorizan-extraccion-de-arena-en-el-rio-algodon-al-104045#OP>

Bruñe, (1953). Transporte de sedimentos. Recuperado de:

<http://www.fao.org/3/T0848S/t0848s07.htm>

CASTAÑEDA, (2016). AFECTACIONES SOCIOAMBIENTALES POR LA EXTRACCIÓN DEMATERIAL DE ARRASTRE EN EL RÍO COELLO TRAMO GUALANDAY“K 0.0”- CHICORAL “K 10.9” 2016. Recuperado el 05 de mayo del 2019 de:

<http://repositorio.ucundinamarca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/273/Afectaciones%20Socioambientales%20por%20la%20Extracci%C3%B3n%20de%20Material%20de%20Arrastre%20en%20el%20R%C3%ADo%20Coello%20Tramo%20Gualanday%20%20K%200.0-Chicoral%20K10.9%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Collazos, (2018). EVALUACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

OBTENIDOS MEDIANTE TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL Y TOPOGRAFÍA CON

DRONES PARA EL CÁLCULO DE VOLÚMENES. Recuperado de:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17948/CollazosCaycedoJohnJairo2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CORPONOR, 2010b. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA

HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALGODONAL. Recuperado el 14 de mayo del 2019 de:

http://corponor.gov.co/publica_recursos/pomca/algodon/PLAN_DE_ORDENACION_Y_MANEJO_CUENCA_RIO_ALGODONAL.pdf

Cuya, s.f. El método de Battelle Columbus como instrumento para evaluar la importancia del

impacto ambiental. Recuperado el 24 de Mayo del 2019 de:

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/alessandra/2014/09/11/impacto-ambiental-m-todos-cuantitativos-ndice-de-calidad-ambiental-m-todo-de-battelle/>

Decreto 2655 de 1988. Artículo 113. Recuperado el 24 de Mayo de 2019 de:

https://www.anm.gov.co/sites/default/files/decreto_2655_de_1988.pdf

[file:///D:/User/Videos/Downloads/2463-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5001-2-10-20170520%20\(3\).pdf](file:///D:/User/Videos/Downloads/2463-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5001-2-10-20170520%20(3).pdf)

[file:///D:/User/Videos/Downloads/2463-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5001-2-10-20170520%20\(3\).pdf](file:///D:/User/Videos/Downloads/2463-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5001-2-10-20170520%20(3).pdf)

Gutiérrez, J. I. V., Salcedo, M. P., Zapata, M. E., Pizarro, A. P., & Jiménez, E. H. E. (2012). La

explotación ilícita de recursos minerales en Colombia: Casos Valle del Cauca (Río

Dagua)—Chocó (Río San Juan) Efectos sociales y ambientales. Contraloría General de la

Republica, Bogotá. Recuperado el 05 de mayo del 2019 de:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39735815/La_Explotacion_Ilicita_de_Recursos_Minerales_en_Colombia._Casos_Dagua_y_San_Juan.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1557077291&Signature=Ux6v9PGnQMLoOJMOCugkojfOM80%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLa_Explotacion_Ilicita_de_Recursos_Minerales.pdf

Hernández Sampieri et al., 2014a, p. 92. Metodología de la investigación. Recuperado de:

https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Hernández Sampieri et al., 2014b, p. 92. Metodología de la investigación. Recuperado de:

https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

<https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/EXPLORACION%20DE%20MATERIALES%20CONSTRUCCION%20CANTERAS%20Y%20MATERIAL%20DE%20ARRASTRE%202013.pdf>

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/4255>

https://www.academia.edu/28832070/Matrices_causa-efecto._La_Matriz_de_Leopold

Leiva, Coronel y Corroto, (2017). Uso de diatomeas para medir el impacto de la extracción de agregados en ríos altoandinos, Amazonas, Perú. Recuperado de:

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/viewFile/132/197>

Ley 599, (2000). Código Penal Colombiano. Recuperado de:

https://perso.unifr.ch/derechopenal/assets/files/legislacion/l_20130808_01.pdf

Ley 685 Código de Minas, (2003b). Código de Minas, Colombia. Recuperado de:

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley_0685_2001.pdf

Ley 685, (2003). Código de Minas, Colombia. Recuperado de:

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley_0685_2001.pdf

Ministerio de minas y energías, (2013). Diagnóstico de las condiciones técnicas minero ambientales mediante las cuales se adelanta la explotación de materiales pétreos en el lecho de río en Colombia y la formulación de recomendaciones técnicas y de necesidades normativas asociadas que permitan adelantar esta actividad de manera ambientalmente responsable. Recuperado de:

https://cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/boletines/septiembre2014/PRESENTACION_FINAL_PNUD_MATERIAL_DE_ARRASTRE_25102013.pdf

Ministerio de minas y energías, (2013a). EXPLOTACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Recuperado el 09 de mayo del 2019 de:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLOTACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>

Ministerio de minas y energías, (2013b). EXPLOTACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Recuperado el 24 de mayo del 2019 de:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLOTACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>

Ministerio de minas y energías, (2013c). EXPLOTACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Recuperado el 24 de mayo del 2019 de:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>

Ministerio del Medio Ambiente, v. y. (2010). política nacional para la gestión de los recursos hídricos. Bogotá: Viceministerio del ambiente. Recuperado el 05 de mayo del 2019 de: http://www.catedras-bogota.unal.edu.co/catedras/gaitan/2016/I/gaitan_2016_I/docs/lecturas/s07/politica.pdf

MINMINAS (2013). Explotación de materiales de construcción. Recuperado de:

Moreno (mayo, 2012). Estudio de impacto ambiental “explotación de material de arrastre del río coello” licencia de explotación 0781-73. Recupera el 2 de Junio de 2019 de: file:///D:/User/Videos/Downloads/estudio_imapacto_amb_coello.pdf

Navarro, (s.f). Matrices causa-efecto, la matriz de Leopold. Recuperado de:

Ortiz, 2017. Revisión Bibliográfica para el Análisis de los Impactos Ambientales Generados por la Extracción de Material de Arrastre en Cuerpos de Agua – Caso de Estudio: Río Purnio. Recuperado el 24 de Mayo de 2019 de: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1845/Jos%C3%A9%20Arturo%20Martinez%20O.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Para el área de explotación minera bloque jg7 - 16511 para material de arrastre – Boyacá. Recuperado el 24 de mayo de 2019 de:

Pérez, 2019. Minería. Recuperado el 24 de mayo del 2019 de: <https://definicion.de/mineria/>

Quintuña, (2019). ESTUDIO BATIMÉTRICO Y DE CAPACIDAD DE REPOSICIÓN NATURAL DE MATERIAL PÉTREO PARA LA APLICACIÓN DE UN MANEJO DE

EXPLOTACIÓN EN UN TRAMO DE 6 KM DEL RÍO UPANO. Recuperado de:

<http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/10760/1/53T0040.pdf>

Ramírez et al., (2009). Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. Recuperado de:

<https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323541006.pdf>

Ramírez, Bocanegra, Santacruz, Quintero y Sandoval (2009a). LA CARGA SEDIMENTARIA EN EL RÍO CAUCA EN SU ALTO VALLE GEOGRÁFICO. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Andres_Bocanegra_Vinasco/publication/265984414_LA_CARGA_SEDIMENTARIA_EN_EL_RIO_CAUCA_EN_SU_ALTO_VALLE_GEOGRAFICO/links/5b5224e745851507a7b3cdff/LA-CARGA-SEDIMENTARIA-EN-EL-RIO-CAUCA-EN-SU-ALTO-VALLE-GEOGRAFICO.pdf

Ramírez, Bocanegra, Santacruz, Quintero y Sandoval (2009a). Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. Recuperado de:

Ramírez. Et al, (2009b). Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. Recuperado de:

Ramírez., et al, (2009b). LA CARGA SEDIMENTARIA EN EL RÍO CAUCA EN SU ALTO VALLE GEOGRÁFICO. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Andres_Bocanegra_Vinasco/publication/265984414_LA_CARGA_SEDIMENTARIA_EN_EL_RIO_CAUCA_EN_SU_ALTO_VALLE_GEOGRAFICO/links/5b5224e745851507a7b3cdff/LA-CARGA-SEDIMENTARIA-EN-EL-RIO-CAUCA-EN-SU-ALTO-VALLE-GEOGRAFICO.pdf

Rivera, (2013). Estimación de reservas. Recuperado de:

https://www.academia.edu/7090200/Estimaci%C3%B3n_de_reservas

Rivera. (sf). Estimación de reservas [imagen]. Recuperado de:

https://www.academia.edu/7090200/Estimaci%C3%B3n_de_reservas

Rueda, (2017). ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO SORORIA EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO DEPARTAMENTO DEL CESAR. Recuperado de:

<http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/985/1/09Estudio%20sedimentol%C3%B3gico%20del%20material%20de%20arrastre%20del%20rio%20sororia%20en%20el%20municipio%20de%20la%20Jagua%20de%20Ibirico%20departamento%20del%20Cesar.pdf>

Sánchez (2016). Análisis de las afectaciones ecológicas y sociales que causa la explotación de material de arrastre en el río Nima a su paso por los corregimientos de Amaime, Boyacá y La Pampa, en el municipio de Palmira, Valle del Cauca. Recuperado de:

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2841>

Silva, Moreno, Mayorga, Piñeros y Martínez (2018). Evaluación de impacto ambiental

Suspenden extracción de material del río Algodonal en Norte de Santander. El espectador.

Recuperado el 09 de mayo del 2019 de:

<https://www.elespectador.com/noticias/nacional/suspenden-extraccion-de-material-del-rio-algodonal-nort-articulo-615277>

Suspenden extracción de material del río Algodonal en Norte de Santander. El espectador.

Recuperado el 09 de mayo del 2019 de:

<https://www.elespectador.com/noticias/nacional/suspenden-extraccion-de-material-del-rio-algodonal-nort-articulo-615277>

Yépez, (2015). Laboratorio virtual: peso específico de un suelo. Recuperado de:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/04/10/laboratorio-virtual-peso-especifico-de-un-suelo/>.

Apéndices

Apéndice A. Toma de medidas para la creación de los perfiles transversales.



Apéndice B. Medición de la longitud de cada perfil transversal



Apéndice C. Excavación para enterrar la caja de vidrio



Apéndice D. Postura de la caja de vidrio en el lugar excavado



Apéndice E. Laboratorio para determinar el peso específico de la muestra de arena



Apéndice F. Medición del peso y volumen de la muestra de arena seca



Apéndice G. Medición del peso volumen de la muestra de arena húmeda.



Apéndice H. Medición de distancias para el cálculo de caudal.



Apéndice I. Volqueta transportando material de arrastre

