

**DISEÑO DE UN MODELO DE ESTUDIO GEOLÓGICO Y GESTIÓN
DE UN TÍTULO MINERO PARA MATERIALES DE ARRASTRE
DURANTE LA ETAPA DE EXPLORACIÓN**

LEONARDO OCTAVIO OLARTE SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2.006**

**DISEÑO DE UN MODELO DE ESTUDIO GEOLÓGICO Y GESTIÓN
DE UN TÍTULO MINERO PARA MATERIALES DE ARRASTRE
DURANTE LA ETAPA DE EXPLORACIÓN**

LEONARDO OCTAVIO OLARTE SÁNCHEZ

**Informe Final de la
Práctica Empresarial**

DIRECTOR:

GEÓLOGO M. Sc. EDUARDO CASTRO M.

GEÓLOGO Ph. D. JUAN DIEGO COLEGIAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2.006

*A mis padres, y mis
hermanos*

No hay nada como la geología; ni el placer del primer día de caza de la perdiz puede ser comparado a encontrar un buen grupo de huesos fósiles que nos cuentan su historia de los primeros tiempos.

Charles Darwin

AGRADECIMIENTOS

Mi especial gratitud a la doctora Eva Isolina Mendoza porque gracias a su apoyo tanto intelectual como económico, he podido finalizar y culminar el presente trabajo.

Mi agradecimiento al tutor de la Práctica, Geólogo Eduardo Castro, por sus valiosas contribuciones y sugerencias. De igual forma lo hago extensivo al Geólogo Juan Diego Colegial.

Mi agradecimiento a todos los funcionarios de INGEOMINAS – GTRB, en cabeza del Coordinador Ingeniero Mauricio Jiménez Bautista, Geólogos Eduardo Castro Marín, Diego Ibáñez y Omar Leiva; Ingenieros Olga Ortiz, Helmut Rojas, Margarita Zapata y Luz Esmeralda Montes, Abogadas Eva Mendoza y Leidy Herrera, Administrativa Luz Mireya Rojas, Técnicos Luís Francisco Torres, Marlene Melo y Daniel Tarazona. Gracias y mil gracias.

A Martha Esther Uribe, ex-secretaria de la Escuela de Geología, por su verdadero y desinteresado apoyo durante estos años.

Mi agradecimiento a los miembros del Jurado, profesores Hernando Mendoza y Eliécer Uribe.

Al cuerpo de docentes de la Escuela de Geología, que orientaron mi trayectoria académica y personal en la Universidad.

A mis amigos Yaque, Ricardo y Mauricio por su apoyo e incondicional ayuda.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1. ANALISIS Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD MINERA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE	4
1.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
1.2 DEFINICION Y CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE	7
1.3 GÉNESIS DE LOS DEPÓSITOS DE MATERIAL DE ARRASTRE	12
1.3.1 Erosión	13
1.3.2 Transporte	14
1.3.3 Depositación	15
1.4 PROBLEMÁTICA DE LA ACTIVIDAD MINERA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE	17
1.5 VALORACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE EN SANTANDER	25
1.5.1 Zonas de explotación en el departamento	25
2. MARCO NORMATIVO LEGAL Y AMBIENTAL APLICABLE A LA MINERÍA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE	33
2.1 LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD MINERA, AMBIENTAL Y DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	33
2.1.1 Legislación minera	33
2.1.2 Legislación ambiental	37
2.1 TITULARIZACIÓN, DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LA ACTIVIDAD MINERA DURANTE LA ETAPA DE EXPLORACIÓN	47

2.2.2 Derechos y obligaciones durante la etapa de exploración del Contrato Único de Concesión	54
2.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN GEOLÓGICO MINERO	57
2.3.1 Catastro Minero Colombiano (CMC)	57
2.3.2 Registro Minero Nacional	59
2.3.3 Zonas de reserva, excluidas, restringidas y de minorías étnicas para la actividad minera	61
3. MODELO DE REFERENCIA PARA EL ESTUDIO GEOLÓGICO DE UN PROYECTO MINERO DE MATERIALES DE ARRASTRE	65
3.1 ASPECTOS GENERALES	65
3.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA	67
3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	68
3.4 HIDROGRAFÍA	70
3.4.1 Determinación de los caudales máximos del río para frecuencias de 1:2, 1:5, 1:10, 1:25 y 1:50	70
3.4.2 Curva de duración de caudales	78
3.5 CARTOGRAFÍA DE LA ZONA	82
3.6 USOS Y ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS NATURALES	88
3.6.1 Ensayos para caracterizar los agregados naturales <i>y de concreto</i>	89 96
3.7 GESTIÓN AMBIENTAL EN LA ACTIVIDAD MINERA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE	99
3.7.1 Aspectos ambientales de la actividad minera de materiales de arrastre	100
CRONOGRAMA	102
CONCLUSIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	107

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mecanismo de la sedimentación textural longitudinal en una corriente fluvial.	16
Figura 2. Mecanismo de la depositación afectado por el gradiente textural vertical.	17
Figura 3. Producción de cemento gris a nivel nacional durante los cinco últimos años.	21
Figura 4. Zonas de explotación de material de arrastre en Santander, caracterizando los principales sistemas hídricos del departamento	25
Figura 5. Red hidrométrica considerada para este trabajo, con las principales características morfométricas	29
Figura 6. Panorama de la competitividad minera de los países suramericanos frente a la inversión extranjera	34
Figura 7. Aspectos metodológicos del ordenamiento minero ambiental.	45
Figura 8. Presentación del Catastro Minero Colombiano (CMC).	58
Figura 9. Trazo de la poligonal y de las secciones transversales en el cauce de la corriente hídrica	69
Figura 10. Análisis de Log Pearson Tipo III para el cálculo de caudales máximo en diferentes tiempos de retorno. (Tr)	77
Figura 11. Curva de duración de caudales medios para la cuenca del Río Frío	80
Figura 12. Sección transversal de la zona de explotación del cauce	81
Figura 13. Bloque diagrama de un valle fluvial	83
Figura 14. Clasificación de canales fluviales basada en el tipo de carga	85
Figura 15. Perfil de las posibles zonas de explotación durante el diagnóstico y cálculo de reservas	88

LISTA DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Tamaños para material granular, de acuerdo a la Normas Técnicas Colombianas (NTC 1504).	8
Tabla 2. Denominación del material particulado, de acuerdo a la Clasificación Oficial de Minerales (COM)	9
Tabla 3. Términos utilizados para describir los grados relativos de calidad física y química de los agregados naturales.	11
Tabla 4. Producción de materiales de construcción para concreto, mortero y mezcla asfáltica – Estimativo ASOGRAVAS (2005)	19
Tabla 5. Producción histórica de materiales de construcción en Bogotá y su área de oferta (m ³)– Estimativo INGEOMINAS – UPME	20
Tabla 6. Criterios para valorar la oportunidad de inversión minera en una región, con su respectiva ponderación	27
Tabla 7. Compilación de las características técnicas de los títulos bajo el Decreto 2655 de 1988	50
Tabla 8. Papel del Estado y el Sector Privado en la actividad minera del país	51
Tabla 9. Duración de la Concesión	53
Tabla 10. Especificaciones técnicas con las cuales se conforman los polígonos en la base de datos del sistema de información de gestión minera	60
Tabla 11. Zonas mineras reservadas, excluidas, restringidas y de minorías étnicas	61
Tabla 12. Datos generales de una Estación IDEAM para datos de caudales máximos	72
Tabla 13. Valores de caudales máximos anuales durante un período de 25 años, tomados en el cauce del Río Sogamoso	73

Tabla 14. Tabulación de valores preliminares	74
Tabla 15. Valores de K	75
Tabla 16. Tabla de caudales calculados para intervalos de tiempo de retorno.	76
Tabla 17. Visualización de resultados de los caudales máximos en diferentes tiempos de retorno	78
Tabla 18. Visualización de resultados de la curva de duración de caudales	79
Tabla 19. Deposición de arenas en una corriente hídrica (Arroyo El Barbón)	82
RTOGRAFÍA DE LA ZONA	82
Tabla 20. Facies típicas de depósitos de abanicos y planicies trenzadas	87
Tabla 21. Información sobre el origen, características físicas distintivas de las clases de rocas y su influencia en el concreto	91
Tabla 22. Especificaciones de la NTC 174 para agregado fino (arena) utilizado en la fabricación de concreto de cemento Pórtland	92
Tabla 23. Especificaciones para agregado grueso (grava) utilizado en la fabricación de concreto de cemento portland (NTC 174)	93
Tabla 24. Granulometría para los agregados finos empleados en la elaboración de concreto (NTC 174)	94
Tabla 25. Requisitos de gradación para agregados gruesos empleados en la elaboración de concreto (NTC 174)	94
Tabla 26 (Cont.). Requisitos de gradación para agregados gruesos empleados en concreto (NTC 174)	94
Tabla 27. Especificaciones de ICONTEC e INVIAS requeridas para los agregados naturales empleados en la elaboración de concreto en Colombia	95
<i>Tabla 28. Especificaciones de INVIAS requeridas para los agregados naturales empleados en la elaboración de capas de rodadura, incluye el pavimento asfáltico y de concreto</i>	96
Tabla 29. Ensayos del INVIAS aplicados a los agregados naturales empleados en capas de rodadura. Código-Ensayo aplicados a la tabla 28	97
Tabla 30. Especificaciones para arena empleada en mampostería (NTC 2240)	98
Tabla 31. Granulometría de los agregados para mampostería (NTC 2240)	98

Tabla 32. Evaluación de Impactos Ambientales de la actividad minera en sus diversas etapas

99

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO DE UN MODELO DE ESTUDIO GEOLÓGICO Y GESTIÓN DE UN TÍTULO MINERO PARA MATERIALES DE ARRASTRE DURANTE LA ETAPA DE EXPLORACIÓN*

AUTOR:

LEONARDO OCTAVIO OLARTE SÁNCHEZ**

PALABRAS CLAVES:

Materiales de arrastre, arena, grava, Código de Minas, LTE, agregados naturales, metodología, título minero.

DESCRIPCIÓN

Este informe presenta una metodología para el desarrollo de Los Trabajos de Exploración (LTE) en un depósito de materiales de arrastre y considera aspectos normativos regulatorios de carácter legal y ambiental.

Los materiales de arrastre son materiales pétreos desintegrados en diferentes granulometrías, resultado de procesos característicos de la dinámica fluvial. Según el Código de Minas (Ley 685 de 2001) pertenecen al grupo de los materiales de construcción.

Como parte de las labores desarrolladas durante la Práctica Empresarial en INGEOMINAS – Grupo de Trabajo Regional Bucaramanga por un periodo de diez (10) meses se propone una clasificación para los agregados naturales bajo criterios de calidad físico químicos. La metodología del estudio geológico contiene los siguientes elementos: delimitación del área, estudio topográfico y batimétrico, detallada información cartográfica de la zona, estudio de la dinámica fluvial del cauce con características hidrológicas y sedimentológicas, ensayos físicos y químicos; según las especificaciones de los Términos de Referencia para la presentación de LTE y PTO (artículo 78 del Código de Minas), al igual que las demás normas y decretos complementarios del Código de Mina.

Los materiales de arrastre son un insumo fundamental en el mantenimiento y construcción de la infraestructura urbana; sin embargo los criterios e indicadores geológicos de los depósitos de acumulación no son suficientes para valorar un proyecto minero, hay que considerar aspectos normativos de regulación y prevención en el sector. El informe pretende convertirse en una guía y aporte a la industria colombiana en proyectos mineros de materiales de construcción.

* Proyecto de Grado en la modalidad de practica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Geología. Geo. MSc. Eduardo Castro, Geo. PhD. Juan Diego Colegial

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN OF A MODEL OF GEOLOGIC STUDY AND ADMINISTRATION OF MINING TITLE FOR BED MATERIALS DURING THE STAGE OF EXPLORATION *

AUTHOR:

Leonardo Octavio Olarte Sánchez* *

KEYWORDS:

bed materials, sand, gravel, Mining Code, LTE, natural aggregates, methodology, mining title.

SUMMARY

This report presents a methodology for the development of “Los Trabajos de Exploración” (LTE) in a deposit of bed materials (gravel and sand) and it considers legal and environmental regulatory normative aspects.

The bed materials are stony materials disintegrated in different grain sizes, result of characteristic processes of the fluvial dynamics. According to the Code of Mines (Law 685 of 2001) they belong to the group of the Construction Materials.

As part of the works developed during the internship in INGEOMINAS – Grupo de Trabajo Regional Bucaramanga for a period of ten (10) months, it intends a classification for the natural aggregates under approaches of physic chemical quality. The methodology of the geologic study contains the following elements: delimitation of the area, topography an bathymetric studies , detailed cartographic information of the area, study of the fluvial dynamics of the channel with hydrological and sedimentological characteristic, physical and chemical tests; according to the specifications of the Terms of Reference for the presentation of LTE and PTO (article 78 of the Code of Mines), the same as the other norms and complementary decrees of the Code of Mines.

The bed materials are fundamental supplies in the maintenance and construction of the urban infrastructure; however the approaches and geologic indicators of the deposits of accumulation are not enough to value a mining project, it is necessary to consider normative aspects of regulation and prevention in the sector. The report wish to become a guide and contribution to the Colombian industry in mining projects of construction materials.

* Degree Project in the enterprise practical modality

* * Physical-Chemical Engineerings Faculty, Geology. Geo. MSc. Eduardo Castro, Geo. PhD. Juan Diego

INTRODUCCIÓN

La presente Práctica Empresarial se realiza dentro del Convenio UIS-INGEOMINAS, Acuerdo de Cooperación Académica No. 005. Su objetivo fundamental es la realización de una Práctica Empresarial, que permita sintetizar un Marco de Referencia de la gestión y los estudios técnicos necesarios en la valoración de un proyecto minero de materiales de arrastre bajo los parámetros y regulaciones vigentes para la actividad minera dentro de las actividades desempeñadas por INGEOMINAS – Grupo de Trabajo Regional Bucaramanga en su rol de Autoridad Minera delegada.

En el Sector de los materiales de construcción, la actividad minera es desarrollada principalmente por empresas nacionales con alto grado de tecnificación en las fases y etapas mineras. Pero no siempre la legislación y normatividad consultan la realidad del sector y pasan a convertirse en instrumentos desestimulantes para la inversión de un proyecto minero.

Para el caso de los materiales de arrastre, insumo fundamental para la infraestructura de obras civiles, no es suficiente con la aplicación de criterios e indicadores geológicos de los depósitos o zonas de acumulación para la valoración de un proyecto minero, se deben tomar en consideración los aspectos normativos de índole legal, ambiental y ordenamiento.

Este trabajo permite compartir experiencias sobre métodos constructivos en las labores del Estudio Geológico para los materiales de arrastre, de igual forma permite visualizar las políticas de regulación y prevención en materia gubernamental hacia el sector. Su fin último, es sin duda, constituirse en una herramienta guía y aporte a la industria colombiana en proyectos mineros de materiales de construcción.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Con base en la práctica empresarial desarrollada en INGEOMINAS – Grupo de Trabajo Regional Bucaramanga (GTRB), elaborar una propuesta para el diseño de un estudio geológico y la gestión de un título minero de materiales de arrastre durante la etapa de exploración.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un modelo que recopile los aspectos a considerar en el Estudio Geológico de un proyecto minero de materiales de arrastre como guía fundamental para el desarrollo del planeamiento minero.
- Analizar y evaluar la situación de la actividad minera de los materiales de arrastre desde un escenario donde se interrelacionen los aspectos técnicos (potencial geológico-minero), normativos (legal y ambiental) y económico.
- Realizar una síntesis de la normatividad legal y ambiental vigente para la actividad minera de los materiales de arrastre, determinando los posibles conflictos existentes que van en su detrimento.
- Describir y analizar el proceso de seguimiento, control y fiscalización de un proyecto minero de materiales de arrastre durante la etapa de exploración, en aras de una adecuada gestión técnica y legal.

- Cumplir con las actividades plasmadas en el Convenio Marco de Cooperación Académica suscrito entre la Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), para la aprobación de la práctica empresarial a realizar.

1. ANALISIS Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD MINERA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE

Los materiales de arrastre son recursos minerales utilizados como materias primas para la industria de la construcción y han logrado consolidarse en este exigente mercado gracias al alto grado de tecnificación y el adecuado manejo ambiental que exhiben las empresas dedicadas a su extracción. Sin embargo, un amplio porcentaje del mercado local lo abastecen explotadores artesanales a pequeña escala que generan impactos ambientales en las corrientes hídricas, provocando incluso el deterioro irrecuperable del cauce.

Varios factores del territorio colombiano (geológicos, geográficos, recursos hídricos) favorecen la existencia de zonas potenciales para la minería de los materiales de arrastre, aprovechables siempre y cuando se dé cumplimiento a los parámetros exigidos por la normatividad legal, técnica y ambiental; función reguladora llevada a cabo por las autoridades mineras y ambientales, como: INGEOMINAS y sus Grupos de Trabajo Regionales o las Gobernaciones delegadas en el rol de autoridad minera, la Entidad ambiental competente (Corporaciones autónomas regionales o el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)² como autoridad ambiental y los entes municipales en todo el país, que velan por la ocupación del uso apropiado del suelo.

² Los siguientes son factores a considerar en la problemática de la actividad minera en los materiales de arrastre: la jurisdicción de las entidades reguladoras (ya sea autoridad minera o ambiental), la falta de unidad de criterios en la normatividad y el pobre desempeño del Catastro Minero Nacional cuando el proyecto minero abarca a la vez zona urbana y rural, presentándose conflictos de competencias entre las distintas entidades.

1.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Son pocos los estudios sobre los materiales de construcción en Colombia. No hay estudios que integren la información de exploración y la gestión minero-ambiental durante esta etapa en la actividad minera de los materiales de arrastre.

Para una mejor conceptualización del tema, se realizó una revisión de estudios e informes planteados desde diferentes enfoques (aspecto geológico, minero, ambiental, económico y/o social), con el fin de dar cumplimiento a los alcances y metas propuestas en este trabajo.

A continuación se presenta una síntesis de la información con su enfoque y alcance:

- Inventario minero de Santander. (INGEOMINAS, 2000). El trabajo describe los sitios de explotación de material de arrastre. Expone las condiciones geológicas, mineras, ambientales, económicas y sociales de los títulos mineros vigentes en el departamento, brindando un panorama de la actividad extractiva para este recurso mineral.
- Estudio geológico de fuentes de materiales en la arenera Los Pinos sobre el río Chicamocha, municipio de Aratoca (Santander) – Universidad Industrial de Santander (Parra, 2003). En este trabajo se realiza una valoración de los depósitos de agregados pétreos (fluvial y de cantera) de un proyecto minero de mediana escala, analizando las propiedades mineralógicas y geomecánicas del material para determinar su uso en vías o para las industrias siderúrgicas y del cemento. Constituye el paso preliminar para viabilizar un proyecto minero de materiales de arrastre.

- Zonas potenciales para materiales de construcción en los alrededores de Medellín, Colombia. (INGEOMINAS, 2003). Se plantea un modelo de estudio geológico para caracterizar fuentes de materiales de construcción utilizables en la infraestructura de Medellín. Posee información muy importante sobre ensayos físicos y químicos recomendados en la caracterización de calidad de los agregados pétreos.
- El sector de materiales de construcción en Bogotá – Cundinamarca. (Melendez y Aguilar, 2006). En este informe se exponen las condiciones del sector de los materiales de construcción en la Sabana de Bogotá, analizando el aspecto económico de las explotaciones y se proponen medidas tendientes a subvertir la situación insostenible de esta actividad. Hace énfasis en las condiciones actuales del Plan de Ordenamiento Territorial y las restricciones ambientales para la actividad minera de este tipo de materiales. Propone lineamientos que integren los aspectos del potencial geológico-minero, ambiental y de ordenamiento territorial con miras a que la explotación de materiales de construcción se lleve a cabo bajo la normatividad vigente.
- Evaluación de efectos potenciales (sensibilidad geoambiental) por aprovechamiento de recursos del subsuelo. Plancha 5-09. (INGEOMINAS, 2002). En este trabajo se hace un análisis y revisión de las condiciones técnicas y ambientales dadas alrededor de la actividad minera de áridos dentro de un contexto de la gestión ambiental como elemento fundamental para la realización de cualquier proyecto. Presenta lineamientos a considerar para un Estudio de Impacto Ambiental en un proyecto minero de materiales de construcción.
- Ley 685 de 2001 – Código de Minas. En esta ley se encuentra compilado el marco jurídico directriz de la actividad minera en el país. Adicionalmente, se

complementa con leyes y decretos que sintetizan los aspectos normativos de la actividad minera de los materiales de arrastre.

- Ley 99 de 1993. Asume la gestión ambiental dándole un enfoque más sistemático y descentralizado. Es el principal referente legal en materia ambiental y ordenamiento territorial de la actividad minera de los materiales de construcción.

1.2 DEFINICION Y CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE

Una definición completa de los materiales de arrastre debe considerar los diferentes aspectos técnicos y legales utilizados para clasificar este recurso mineral. Es así como basado en criterios genéticos y litológicos, se consideran como materiales pétreos desintegrados en tamaños de bloque, canto, grava y arena, yacentes en el cauce y a orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros depósitos aluviales; resultado del proceso de selección natural que sufre el material al ser transportado por las corrientes de agua (Rodríguez, 1987). Es de aclarar que sólo en condiciones excepcionales, se presenta el acarreo fluvial de material particulado con granulometría superior al tamaño canto y la depositación de este tipo de partículas (canto y bloque) se relaciona más frecuentemente a procesos agradacionales de sedimentación coluvial, con geoformas características como los conos de derrubios, en los valles aluviales.

El Código de Minas vigente -Ley 685 de 2001-, en su artículo 11, formalmente incluye los materiales de arrastre y los agregados pétreos en el grupo de los Materiales de Construcción³. Para las regalías, el material de arrastre se

³ En este código se definen los materiales de construcción de la siguiente manera: "para todos los efectos legales se consideran materiales de construcción, los productos pétreos explotados en minas y canteras usados, generalmente, en la industria de la construcción como agregados en la fabricación de piezas de concreto, morteros, pavimentos, obras de tierra y otros productos similares. También, para los mismos efectos, son materiales de construcción, 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."

categoriza en gravas de río (incluye las partículas de tamaño canto y bloque) y arenas de río; basado en parámetros granulométricos⁴ y genéticos para la clasificación del material. En la tabla 1, se muestra la clasificación por tamaños del material granular utilizada en este trabajo.

Tabla 1. Tamaños para material granular, de acuerdo a la Normas Técnicas Colombianas (NTC 1504).

	Nombre	Diámetro en mm (que retiene)	Pulgadas	Tamiz No.
Agregado grueso	Bloques	300 mm		
	Cantos	75 mm	3	
	Gravas gruesas	19	$\frac{3}{4}$	
	Gravas finas	4,75		4
Agregado fino	Arena gruesa	2		10
	Arena media	0,425		40
	Arena fina	0,075		200
Limo Arcilla	Limo			
	Arcilla			

Fuente: Modificado de Maya, 2.003

Con base en las actividades técnicas y económicas se propone la Clasificación Oficial de Minerales (en adelante COM), una herramienta que permite no sólo

Clasificar, sino establecer una nomenclatura común de los productos minerales en Colombia; en el caso de los materiales de arrastre, la COM contempla dos (02) clases:

- Clase 1531. *Arenas y gravas naturales y silíceas*
- Clase 1532. *Conglomerados, areniscas, cantos, gravas, macadán; macadán alquitranado; gravilla, lasca y polvos de roca o piedra, incluso los de las piedras*

⁴ Todo lo referente a las dimensiones del material particulado y su clasificación por tamaño, forma parte de un grupo de conocimiento denominado granulometría.

de las clases 1512 y 1513 (excepto los de la subclase 37690), y demás rocas trituradas o no para construcción

Cada una de las clases contempla varios productos minerales con su respectivo código de referencia, en la tabla 2 se relacionan los nomencladores con los productos minerales en bruto de los materiales de arrastre. Pese a que la COM dedica la clase 1532 a las partículas cuyo tamaño oscila entre canto y bloque, no es específica en la calidad de los fragmentos rocosos de esta granulometría.

Tabla 2. Denominación del material particulado, de acuerdo a la Clasificación Oficial de Minerales (COM)

División 15				
Grupo	Clase	Subclase	Título	UD
153			Areniscas, conglomerados, arenas, cantos, gravas, recebo, roca o piedra partida o triturada, betún y asfalto naturales	
	1531		Arenas y gravas naturales y silíceas	
		15311	<i>Arenas y gravas naturales (excepto las arenas metalíferas de la división 14)</i>	
		1531101	Arenas arcillosas	m ³
		1531102	Arenas feldespáticas	m ³
		1531103	Gravas naturales	m ³
		15312	<i>Arenas y gravas silíceas o cuarzosas</i>	
		1531201	Arenas y gravas silíceas	t
	1532	15320	Conglomerados, areniscas, cantos, gravas, macadán; macadán alquitranado; gravilla, lasca y polvos de roca o piedra, incluso los de las piedras de las clases 1512 y 1513 (excepto los de la subclase 37690), y demás rocas trituradas o no para construcción	
		1532002	Conglomerado (roca o piedra)	t
		1532004	Gravilla	t
		1532005	Gravas (excepto silíceas)	t
		1532009	Lasca	t

Fuente: Resolución 18 1108 del Ministerio de Minas y Energía (Clasificación Oficial de Minerales – COM), 2003.

La UPME y las entidades que intervienen directa o indirectamente en el desarrollo del sector minero deben basar las denominaciones de los productos minerales en la COM. Esta clasificación aunque es un buen intento para estandarizar las diferentes denominaciones minerales, aún se encuentra en construcción y es

común encontrar que muchos minerales deben ser clasificados como productos ncp (no clasificados previamente).

En la industria y la literatura científica se utiliza el término áridos para hacer referencia a los materiales de construcción en general. Según la American Society for Testing Material (ASTM), los áridos se definen como la materia inerte que aglomerada por una matriz en una masa conglomerática forma un hormigón, mastique, argamasa, etc, en Parra, 2003. La definición del término se orienta al uso del material, no distinguiendo su proveniencia (cantera o hídrico); aunque denomina árido natural a las arenas y gravas de composición generalmente sílicea que han sufrido un lavado y una clasificación.

Hasta ahora ninguna de las clasificaciones mencionadas, permite evaluar la calidad del material de arrastre, información útil para la explotación de este recurso mineral. Knepper y Langer (en Maya, 2003) proponen una metodología para tal fin, suponen que la calidad de los agregados pétreos lo determinan sus propiedades físicas y químicas, siendo una combinación de ambos parámetros. La calidad física se define como *satisfactoria, aceptable o pobre*, y la calidad química en términos como: *inofensiva o potencialmente nociva*. Una explicación más detallada de la terminología en la descripción de los grados de calidad física y química, se observa en la Tabla 3.

Aunque se presentan parámetros para la clasificación y denominación de los materiales de arrastre; es necesario unificar los criterios más útiles para conjugar los aspectos técnicos y ambientales, que sirvan de referencia en las labores desempeñadas por la autoridad competente (entiéndase autoridad minera, ambiental, planeación y/o municipal) durante la actividad minera de los materiales de arrastre. En este trabajo, se propone el uso de una terminología con base en los siguientes criterios:

- La granulometría del material particulado, sólo se utilizarán los términos canto, grava y arena; además de sus posibles subdivisiones como grueso, medio y fino (para gravas y arenas); se aclara que si bien la mayoría de los depósitos de material de arrastre poseen buenas reservas de material limo-arcilloso, su poca aplicabilidad para usos industriales por la baja calidad física y química de sus componentes, lo descartan del objeto de este trabajo.
- Los grados relativos de calidad física y química del material son un parámetro fundamental para la valoración de su uso. (Ver tabla 3)

No se considera en este sistema de nomenclatura, utilizar la descripción composicional de la roca parental; debido al proceso de retrabajamiento que sufren las partículas, alterando dramáticamente el material, lo que limita esta información. En lo posible, se correlaciona esta clasificación con los productos minerales propuestos por la COM.

Tabla 3. Términos utilizados para describir los grados relativos de calidad física y química de los agregados naturales.

Calidad Física	
Término	Definición
<i>Satisfactorio</i>	Las muestras de roca son materiales duros a firmes, relativamente libres de fracturas y en formas diferentes a lascas ⁵ , y la textura de la superficie es relativamente rugosa. Los materiales cumplen con todas las especificaciones físicas ⁵⁶ requeridas para la elaboración de concreto y las unidades rocosas presentan poco o nada de meteorización.
<i>Aceptable</i>	Las muestras de rocas exhiben una o dos de las siguiente características: firmes a friables; moderadamente fracturado; forma plana o en lascas; superficie relativamente suave e impermeable. Los materiales no cumplen, al menos, con una de las especificaciones requeridas para la elaboración de concreto de cemento Portland y requiere un procesamiento especial para mejorar la calidad de la materia prima. Regionalmente, presenta zonas con rocas sanas y zonas con fuerte meteorización
<i>Pobre</i>	Los materiales exhiben una o más de las siguientes características: friable; altamente fracturado; cambio de volumen marcado al mojarse y secarse; combinación de tres o más cualidades del tipo aceptable. Los materiales no cumplen con dos o más especificaciones para la elaboración de concreto de cemento Portland y se requiere un procesamiento intenso para mejorar la calidad. Las zonas presentan una fuerte meteorización.
Calidad Química	
Término	Definición
<i>Inofensivo</i>	Los materiales no contienen constituyentes que puedan reaccionar químicamente de una manera significativa con

⁵ Según DRAE, 2006; *lasca* es una roca desprendida de una masa pétreo y que adquiere forma de esquirla cortante.

⁶ Las especificaciones físicas deseables de los agregados pétreos para la elaboración de Concreto de Cemento tipo Portland se relacionan con los siguientes parámetros físicos: forma y textura de la partícula, porosidad, absorción, densidad, adherencia, resistencia, granulometría, tamaño máximo de partícula (para las gravas) y peso específico.

	los constituyentes de la atmósfera, agua o con el concreto de cemento Portland cuando se encuentren dentro del concreto o el mortero en condiciones ordinarias.
Potencialmente Nocivo	Los materiales contienen una o varios constituyentes en proporción significativa y que sean conocida su reacción química bajo condiciones ordinarias en el concreto de cemento Portland o en el mortero de tal manera que produzca un cambio significativo de volumen, que interfiera con el curso normal de la hidratación del cemento Portland, o provea sustancias que podrían producir efectos perjudiciales sobre el concreto o el mortero.

Fuente: Modificado de Maya, 2.003

1.3 GÉNESIS DE LOS DEPÓSITOS DE MATERIAL DE ARRASTRE

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.

En la génesis de los materiales de arrastres se consideran tres fases (erosión, transporte y depositación) que corresponden a una sola actividad singular. Para el desarrollo de los procesos hay que considerar una serie de factores incidentes, como son:

- (a) El gradiente de la corriente (pendiente de la superficie del agua) que influye en la velocidad.
- (b) El caudal y su regularidad (entiéndase caudal como agua y sedimentos en m^3/s).
- (c) La forma y regularidad de la sección transversal del cauce.
- (d) La profundidad y amplitud del cauce, área de la sección transversal y perímetro mojado.
- (e) La dirección o alineamiento del canal.
- (f) La resistencia de las paredes y el fondo del cauce, su aspereza y rugosidad.
- (g) La carga de sedimentos que recibe la corriente.
- (h) La competencia y capacidad de la corriente.

(Villota, 1999)

Además de la hidrodinámica fluvial, es importante tomar en cuenta las características de los fragmentos y partículas minerales que son sometidos a este proceso, ya que deben poseer condiciones físicas favorables para su concentración mecánica, tales como: resistencia a la meteorización, resistencia a la abrasión durante el transporte y peso específico alto.

Una vez analizados los aspectos preliminares, se describirán los procesos generadores de los depósitos de material de arrastre:

- * EROSIÓN
- * TRANSPORTE
- * DEPOSITACIÓN

1.3.1 Erosión. La erosión fluvial actúa en diferentes direcciones, así:

- *Socavamiento linear en el fondo y en los lados del valle.* Se da por la corriente de agua y los materiales abrasivos que ésta arrastra. El resultado es la profundización del valle a velocidad variable. Esta relacionada con:

- * Caudal de la corriente
- * Inclinación del cauce
- * Resistencia de los materiales
- * Regularidad de los caudales

Dicha profundización del valle se da hasta alcanzar el nivel base de erosión (regional o local).

- *Desprendimientos y desplomes laterales 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.

*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.
- * Reducción en la altura de las divisorias de aguas.

En términos generales, las corrientes jóvenes son esencialmente erosivas en todo su curso, las corrientes maduras sólo lo son en su cabecera, pasando gradualmente a ser agradacionales hacia su curso inferior, una vez alcanzan su perfil de equilibrio. En el caso de los ríos meándricos que transcurren por terrenos llanos, ocurre simultáneamente la erosión y sedimentación en sus curvas.

1.3.2 Transporte. En este proceso, los materiales aluvionales son achicados y modificados por atricción⁷ y redondeamiento; siendo sorteados por tamaño, forma y densidad. Respecto a la carga de sedimentos acarreada por las corrientes, sus fuentes son:

- Detritos y solutos proporcionados por los procesos de pendiente (denudación en general).
- Sedimentos desprendidos del propio lecho del río.
- Derrubios y material producidos por la erosión y remoción gravitacional de las bancas u orillas del cauce.
- Depósitos retrabajados de terraza y planos inundables.
- Detritos producidos por acción glacial.
- Carga de desechos minerales y orgánicos que el hombre arroja a las corrientes.

⁷Es el efecto que provocan las partículas en suspensión que son transportadas por el agua y que chocan contra las paredes del cauce.

- Los materiales eólicos (arenas, loess, ceniza) que caen directamente sobre las corrientes.

Los anteriores *productos* comprenden: bloques de roca, cantos rodados, gravas, arenas, limos, arcillas, material vegetal, coloides orgánicos, cenizas y solutos.

Las formas de acarreo de una carga de sedimentos son:

- FLOTACIÓN. Para materiales de baja densidad, como son la materia 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, ésta podría llevar suspendidas arenas muy finas y tal vez arenas finas.
- SALTACIÓN, para el caso de la partículas 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.

De la carga total, los materiales acarreados por saltación, tracción y rodamiento constituyen la llamada carga de lecho o carga pesada, característica de las corrientes de carácter torrencial; el resto corresponde a los sedimentos en suspensión y en solución.

1.3.3 Depositación. La depositación 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 los 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 arcilla y materia orgánica son los últimos en

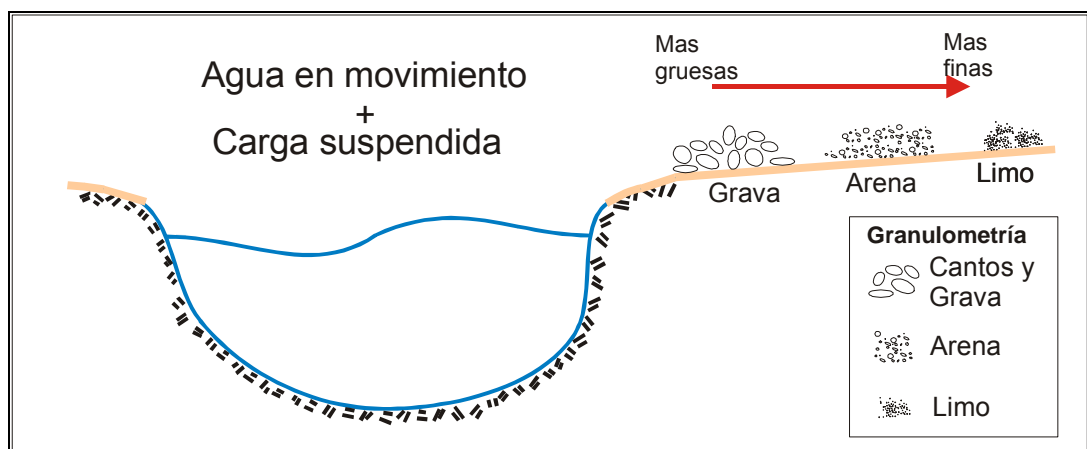
depositarse y sólo lo hacen bajo condiciones de aguas quietas o estancadas. Este proceso de sorteamiento del material, según granulometría; trabaja en dos direcciones:

(a) *GRADIENTE TEXTURAL LONGITUDINAL*

(b) *GRADIENTE TEXTURAL VERTICAL*

(a) Se da cuando un sistema de agua (diseminado, desbordado, etc.) con carga en suspensión entra sobre una superficie a nivel con iguales condiciones de clima, material parental, etc. El sistema pierde energía por incremento de la fricción, provocando que las partículas se depositen selectivamente en la dirección longitudinal de flujo, de las más gruesas a las más finas. Sin embargo, dicha distribución no es constante en lo concerniente a la distancia de depositación de cada fracción; de una temporada de lluvias a otra puede suceder que el caudal de la corriente aumenta en diferentes grados y entonces, la localización de las partículas depositadas será diferente.

Figura 1. Mecanismo de la sedimentación textural longitudinal en una corriente fluvial.

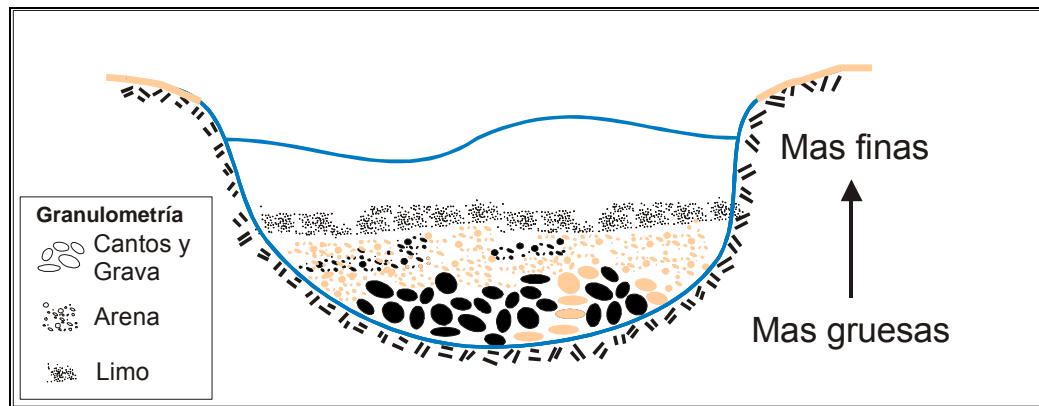


Fuente: Modificado de Villota, 1999.

(b) Determinado por la decantación, igualmente selectiva de partículas en suspensión, primero las más gruesas y luego las más finas, cuando la energía de

transporte se reduce en un mismo sitio (agua estancada). Relacionado con el tiempo de precipitación que caracteriza a cada fracción.

Figura 2. Mecanismo de la depositación afectado por el gradiente textural vertical.



Fuente: Modificado de Villota, 1.999.

Bajo condiciones tectónicas o climáticas (globales) normales hay predominio del proceso de sedimentación; sin embargo, en la medida que ocurran cambios en la velocidad de la corriente, podrán sucederse procesos de sedimentación (con decrecimiento de la velocidad) y de erosión (con incremento de la velocidad) en intervalos irregulares de tiempo y lugar.

1.4 PROBLEMÁTICA DE LA ACTIVIDAD MINERA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE

El sector de los materiales de construcción se considera una actividad marginal, en esa medida recibe poca atención y apoyo gubernamental. En el territorio nacional, la reserva de materiales de arrastre es alta y permite abastecer la demanda interna; llegando incluso a exportarse a países de la región.⁸

Los materiales de arrastre como resultado del proceso de selección natural que sufre el material pétreo al ser transportado por las corrientes de agua (Rodríguez,

⁸ Las exportaciones de cerámica, arcilla y piedra alcanzaron la sorprendente cifra de 68 millones de dólares, durante los cinco primeros meses del año. Los principales destinos de las exportaciones son en su orden: EE.UU., El Caribe, Venezuela, Centroamérica y Ecuador. (Según datos de Proexport).

1987); constituyen un insumo fundamental en la industria cementera por sus buenas características físicas y químicas. Su calidad en general es aceptable para las obras viales y civiles, ya que durante el proceso de arrastre se han visto sometidas a diferentes procesos de meteorización y alteración, sobreviviendo principalmente aquellas partículas o fragmentos que ofrecen mejores condiciones. Los usos más conocidos de las arenas y gravas son: como agregados pétreos para morteros (argamasa o mezcla) y hormigones, como balastro o recebo para vías y pavimentos, como elemento corrector de algunas propiedades mecánicas de los suelos, como filtrante y drenaje en obras de ingeniería civil y como cortinas permeables en presas de gravedad.

Si se toman los datos de una metrópolis como Bogotá, con un crecimiento a razón de 158 mil habitantes por año y expandiéndose en 538 hectáreas por año; usando los estimativos del POT y la estadística de construcción de la ciudad, se proyecta una expansión cercana a los cuatro (4) millones de metros cuadrados por año hasta el 2008 y la construcción de 31 km de vías cada año, 160 mil metros de acueducto y alcantarillado y 251 mil metros cuadrados de edificaciones de recreación y deporte, en promedio. Estas cantidades resultan en una demanda del orden de seis (6) millones de metros cúbicos de materiales de construcción por año, buena parte de los cuales corresponde a materiales de arrastre (arenas y gravas).

En el estudio realizado por FEDESARROLLO (Melendez y otros, 2006) para el diagnóstico de la dinámica del sector de los materiales de construcción en la zona de la Sábana de Bogotá, se hace un estimativo de la demanda a partir del consumo de cemento y mezcla asfáltica; comparando esas cifras con los estimativos de producción de materiales de construcción suministrados por ASOGRAVAS (ver Tabla 4) y las cifras oficiales manejadas por INGEOMINAS (ver Tabla 5) se observa un desbalance en la información presentada por las dos

entidades. La producción estimada por ASOGRAVAS (ver Tabla 5) es mucho más alta y más cercana a los cálculos de FEDESARROLLO.⁹

Tabla 4. Producción de materiales de construcción para concreto, mortero y mezcla asfáltica – Estimativo ASOGRAVAS (2005)

ZONA	ESTIMATIVO ASOGRAVAS (millones de m ³)
Tunjuelo	2,8
Zona Norte de la Sábana (Tabio, Guasca, Chocontá, Carmen de Carupa, Guachetá, Nemocón, Guateque)	1,8
Zona Occidente (Subachoque, Madrid, El Rosal y Villeta)	0,7
Otros fuera de la Sábana (Villavicencio, Girardot, Guamo, Coello, Honda, La Dorada, Cáqueza, La Punta)	1,4
Otros municipios	—
Producción total	6,7

Fuente: Melendez y otros, 2.006.

Son notorias las asimetrías en la información con que opera el sector y se hace necesario contar con datos sistemáticos para seguir su comportamiento, útil en el diseño de políticas para la actividad minera de estos materiales. Con la implementación de un Sistema de Información alimentado por los Formatos Básicos Mineros (FBM) y las entidades territoriales, es posible consolidar un registro estadístico confiable del mercado que la UPME pondrá a disposición de productores, constructores y planificadores.

⁹ Los datos de la tabla 4 corresponden al año 2005, aunque las cifras de la tabla 5 manejan un registro histórico de producción hasta el año 2001, se consideró tomar las cifras oficiales del año 1997 en materia de producción de este recurso mineral y es notable la tendencia a la baja. Los factores motivantes de este comportamiento se relacionan al paro del sector de la construcción y la aplicación de normas más estrictas de tipo ambiental y ordenamiento territorial.

Tabla 5. Producción histórica de materiales de construcción en Bogotá y su área de oferta (m³)– Estimativo INGEOMINAS – UPME

AÑO	ARCILLAS	ARENA COMÚN	ARENA DE RÍO	GRAVA, GRAVILLA	PÉTREOS	RECEBO	PIEDRAS ENCHAPE	TOTAL
1990	8.467	22.210				1.563		32.240
1991	53.157	44.478	41.000	41.000		3.000		182.635
1992	64.685	124.938	86.400	86.400	3.883	199.563		565.869
1993	316.607	132.042	179.650	179.650	4.565	177.894	520	990.928
1994	494.870	526.576	171.550	453.753	118.304	138.275	600	1.903.928
1995	596.651	450.290	1.474.110	1.321.875	278.224	212.088	1.470	4.334.708
1996	708.308	281.012	1.276.470	1.173.935	18.828	521.665	2.079	3.982.297
1997	590.816	424.170	1.830.320	1.801.120	549.846	257.674	1.254	5.455.200
1998	588.967	606.650	1.235.078	1.140.439	416.505	295.530	903	4.284.072
1999	693.094	442.077	747.077	637.625	119.252	425.551	174	3.064.850
2000	684.325	326.429	712.140	613.040	42.180	281.584	130	2.659.828
2001	224.180	24.250	393.100	303.100	16.586	35.520	80	996.816

Fuente: INGEOMINAS, UPME, 2006.

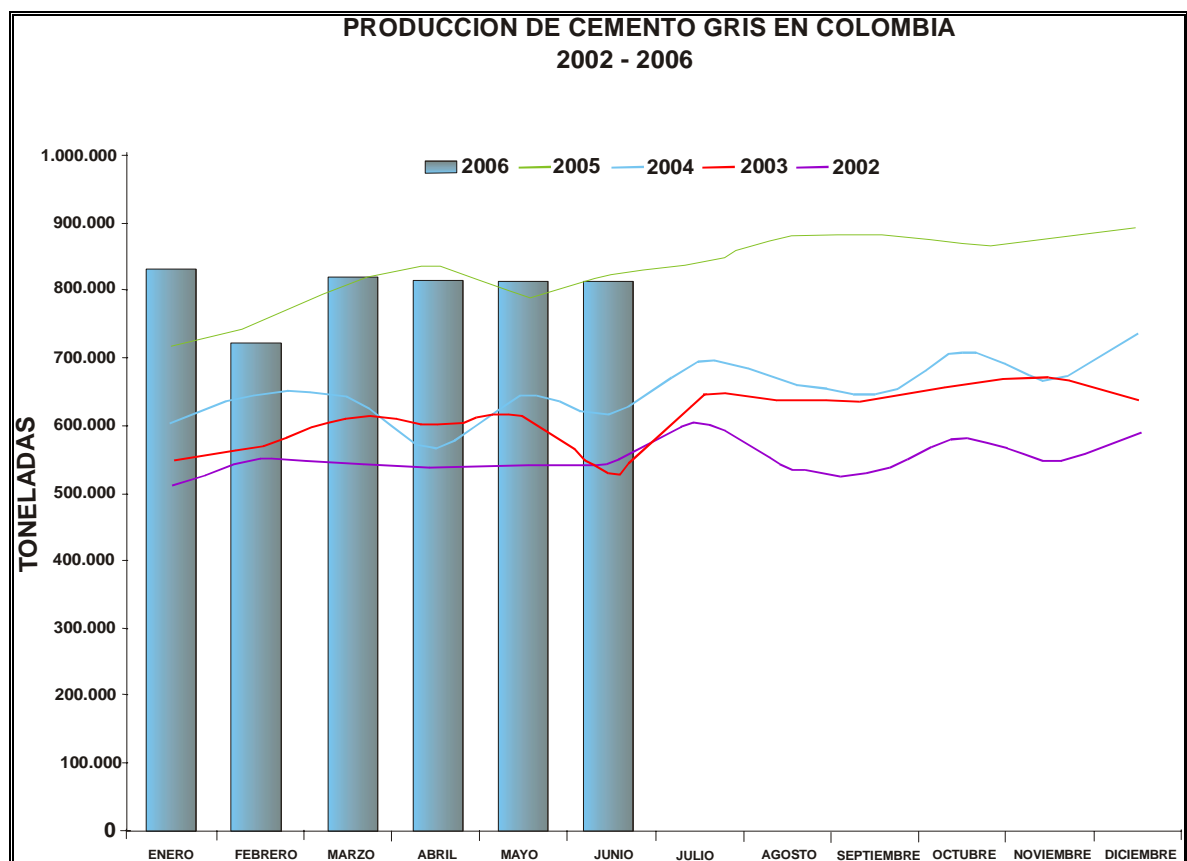
Las cifras de producción del cemento a nivel nacional (Figura 3) son un buen indicador del consumo de materiales de arrastre, considerando que son necesarios 1.560 kg de crudo (materia prima) para obtener 1.000 kg de clinker; en la elaboración de concreto, los agregados pétreos conforman hasta el 75% en masa de la mezcla.

La actividad minera de los materiales de arrastre debe igualar o superar los niveles de extracción necesarios para el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura urbana; evaluando indicios y depósitos de materias primas por su utilidad y explotabilidad, sin olvidar aspectos tecno-económicos que buscan

explotaciones mineras¹⁰ que protejan tanto los recursos naturales como el medio ambiente.

Analizados los tópicos del impacto y la importancia de los materiales de arrastre en la economía nacional, se presenta un panorama de la actividad minera de este recurso, insostenible en la medida que no se integren los aspectos técnicos, legales y ambientales.

Figura 3. Producción de cemento gris a nivel nacional durante los cinco últimos años.



Fuente: Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), 2006.

La actividad minera de los materiales de arrastre es regulada por la legislación y la normatividad minera, ambiental y de ordenamiento territorial. El actual Código de Minas establece que “el otorgamiento, vigencia y ejercicio del derecho a explorar y

¹⁰ El glosario técnico minero define el concepto de explotación minera como la “unidad de explotación, técnica, económica y ambientalmente factible”

explotar los materiales de construcción (...) son de la competencia exclusiva de la autoridad minera.”¹¹ (art. 10 del Código de Minas).

La extracción de gravas y arenas se realiza en los cauces de algunas corrientes hídricas, en su gran mayoría de forma artesanal; sin embargo algunas empresas constructoras utilizan equipos con mayor rendimiento que permiten la extracción de grandes volúmenes de material de arrastre en los cauces de quebradas, ríos o de algunas terrazas aluviales. Los métodos de explotación utilizados no obedecen a una técnica que interrelacione aspectos sobre cantidad de material (reservas), planeamiento de los trabajos de extracción y prevención del impacto ambiental.

La actividad minera de este recurso ronda entre la legalidad e ilegalidad, pese a los esfuerzos estatales por promover el desarrollo sostenible de las explotaciones como es el caso del Programa de Legalización Minera de Hecho (art. 165 de la Ley 685 de 2001) que compromete asesoría técnica y ambiental gratuita por parte del Estado a los mineros que ejecutan labores extractivas a pequeña escala. En resumen, la actividad minera es desarrollada a través de un pequeño porcentaje de proyectos de mediana y gran minería, un considerable número de proyectos de pequeña minería y un alto índice de minería informal, caracterizada esta última por estar en áreas de extensión reducidas y con niveles mínimos de tecnología y productividad, como medio de subsistencia por núcleos familiares que viven gracias a los ingresos percibidos en la explotación sin que alcancen a ser reinvertidos en la actividad.

La minería causa un gran impacto ambiental y social, siendo vigilada por las Corporaciones Autónomas Regionales que poseen la jurisdicción de los recursos hídricos y el medio ambiente, encargadas de definir los Términos de Referencia para la prevención y mitigación de los impactos generados por la actividad minera;

¹¹ En legislaciones anteriores (Dec. 2655 de 1988) se permitía la extracción de materiales de arrastre mediante un permiso otorgado por la Alcaldía y/o la Corporación Autónoma Regional competente.

sin embargo, los trámites y las estrictas regulaciones ambientales se suman a la problemática de inversión en el sector y desalientan la explotación de los materiales de arrastre en las corrientes hídricas cercanas a los grandes centros urbanos, trasladando las zonas mineras a lugares apartadas de los mercados de consumo, agravando el problema con el incremento en los rubros de transporte y comercialización de este recurso mineral; dadas sus características de fácil extracción, nulos procesos de beneficio y altos volúmenes de producción.

El recurso minero juega un papel fundamental en el ordenamiento de las zonas, para ello se deben establecer los condicionantes técnicos, económicos y ambientales necesarios en el desarrollo minero. En el país se presenta un desarrollo desordenado de la pequeña y mediana minería, presentando problemas de diversos órdenes, entre los cuales se destaca el deterioro ambiental y el bajo aprovechamiento de los depósitos, con los efectos económicos y sociales a que esto conlleva. Es fundamental incluir la variable de recursos minerales dentro de los planes de ordenamiento territorial, con el objeto de diseñar y elaborar a partir de ellos una herramienta de planificación para el análisis de zonas potenciales de desarrollo de actividades mineras y de esta forma se le restituya a la industria minera el carácter de utilidad pública e interés social, como plantea el Código Minero.

La falta de consenso de las entidades reguladoras (autoridad minera y ambiental, principalmente) para aplicar la normatividad legal y ambiental en la actividad minera, dificulta una interacción más fluida y eficiente en aspectos que resalten el desarrollo y planeamiento minero. Una propuesta de solución a esta situación consiste en la determinación del geopotencial regional, un concepto relacionado al conocimiento y desarrollo geológico-minero de una zona. Así es posible obtener una mejor definición y coherencia en los resultados, que permitan la toma de decisiones y acciones; donde prime esencialmente lo técnico, con conceptos y preceptos menos subjetivos para el trabajo interdisciplinario de los diferentes

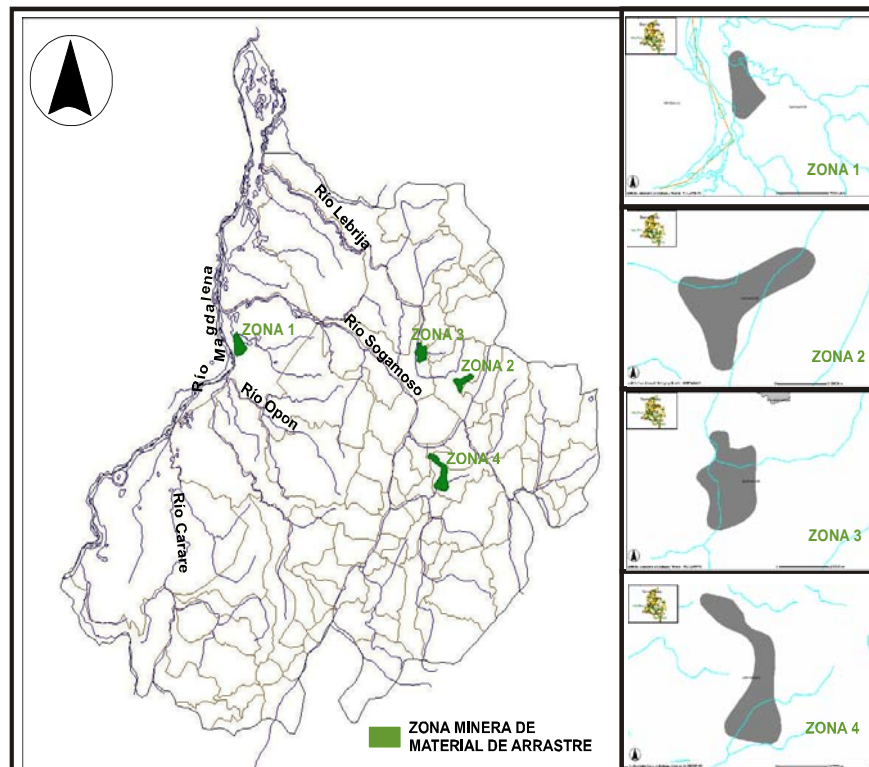
agentes en este proceso y de esta forma diseñar una política coherente, continua y visionaria hacia el proyecto minero colombiano.

1.5 VALORACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE EN SANTANDER

El comportamiento del sector de la construcción en el departamento, según cifras de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) Santander, muestra un crecimiento en las edificaciones del 4,33%, contribuyendo de manera significativa al crecimiento de la economía. Adicional a este panorama, las cifras publicadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), muestran que la producción de cemento aumentó un 31% en el 2005.

1.5.1 Zonas de explotación en el departamento. Actualmente, las arenas y gravas explotadas en el departamento provienen del aprovechamiento de depósitos de aluviones recientes y terrazas. La siguiente es una relación de las

Figura 4. Zonas de explotación de material de arrastre en Santander, caracterizando los principales sistemas hídricos del departamento.



ZONA	AREA (Ha)	CODIGO ZONA MINERA (CMC)	TOTAL MINAS	GRUPO MINERAL	ESTADO OPERATIVO
1	3324,6565	68-02	10	Materiales de construcción	Activa
2	2623,4033	68-05	11	Materiales de construcción	Abandonada
3	2297,0699	68-11	17	Materiales de construcción	Activa
4	4721,4104	68-10	13	Materiales de construcción	Activa

Fuente: CMC - Elaboración propia.

Actuales fuentes de materiales de arrastre (compiladas en la figura 4):

- Aluviones de Río Frío y las quebradas La Iglesia, Villamizar y Menzuly
- Zona El Roble – San Isidro: en las márgenes del río Manco
- Zona del Playón - Río Blanco: en la quebrada Arenosa
- Aluvión del Río Chicamocha: acumulación de materiales de arrastre de la corriente del Río Chicamocha en inmediaciones del puente Pescadero
- Zona del Río de Oro: sectores de Piedecuesta, Floridablanca, Girón y Café Madrid
- Zona de Chimitá: sectores de la Quebrada La Rosita, La Joya y Quebrada Seca
- Zona de Girón-Bahondo
- Zona de Bocas sobre la vía férrea a Puerto Wilches
- Zona de Malpaso-Provenza
- Zona del Río Sogamoso: acumulación de materiales de arrastre de la corriente del Río Sogamoso en inmediaciones del puente Sogamoso
- Zona del Río Magdalena, en la ribera de la ciudad de Barrancabermeja
- Zona del Río Opón y Oponcito: sectores de San Vicente y Cimitarra
- Zona del Río Charta – Río Surata.¹²

Como se observa, el abastecimiento de material de arrastre parece asegurado en Santander, pero surgen interrogantes sobre la rentabilidad, sostenibilidad y competitividad de esta actividad.

¹² Esta información está basada en datos suministrados por INGEOMINAS-GTRB, correspondientes a zonas de explotación legales ó en proceso de legalización.

Por ello se recurren a criterios de evaluación que valoren la oportunidad de inversión minera (se utiliza el propuesto por LATIN AMERICAN MINING REVIEW, 2001). (Ver tabla 6)

En este caso sólo se utilizarán los criterios de mayor ponderación como son: el potencial geológico-minero, los factores legislativos y financieros incidentes en la actividad minera.

El potencial geológico – minero de los materiales de arrastre es alto, considerando los siguientes aspectos:

- La red hidrográfica departamental es bastante extensa y cubre la totalidad superficial. (ver figura 4).
- Los caudales de las corrientes hídricas son altas (oscilan en promedio entre 100 m³/s hasta 400 m³/s).
- La topografía regional permite las condiciones ideales para un gradiente de corrientes fluviales del orden de 1:200 a 1:150.

Tabla 6. Criterios para valorar la oportunidad de inversión minera en una región, con su respectiva ponderación.

● POTENCIAL GEOLÓGICO – MINERO	
Reservas, conocimiento y potencial.	30%
● ESCENARIO POLITICO	
Estabilidad política, situación social y terrorismo.	20%
● ESCENARIO ECONÓMICO	
PIB, inflación, crecimiento, endeudamiento, tasa de cambio.	10%
● LEGISLATIVO/FINANCIERO	
Código de Minas, tributación, legislación ambiental.	25%
● CAPACIDAD OPERATIVA	
Régimen laboral, infraestructura, servicios.	15%

Fuente: Modificado de Acosta, 2001.

- La presencia de diferentes tipos de rocas, lo que origina depósitos fluviales con rocas de litología ígnea y metamórfica principalmente.
- La cercanía de los depósitos de materiales de arrastre a vías terrestres y fluviales comunicantes con los grandes centros urbanos. En este tipo de explotación, el costo del transporte es un factor fundamental en su comercialización.

Un factor en contra es que los trabajos e investigaciones regionales fueron realizados hace más de 20 años, y aún sustentan el conocimiento geológico-minero del sector.

Considerando los factores legislativos y financieros en la actividad minera de los materiales de arrastre, podemos resaltar los siguientes aspectos:

Respecto a la legislación ambiental y de ordenamiento territorial, las condiciones departamentales han facilitado el desarrollo de las actividades mineras. La legislación ambiental establece las obligaciones de las explotaciones mineras en la materia. Las entidades que actúan como autoridad ambiental en el departamento son:

* Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB

* Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS

Dado el escaso desarrollo de la tradición minera en la mayoría del departamento (a excepción del Distrito Minero de Vetas y California), el papel desempeñado por ambas entidades ha sido más de tipo preventivo que correctivo, consolidándose este aspecto como una importante ventaja para las inversiones mineras en términos de riesgo ambiental y/o remediación de daños.

En el tema del ordenamiento territorial, desafortunadamente no se han hecho avances significativos y los entes regionales están en mora de contemplar las zonas de actividad minera en su planificación territorial.

En cuanto a la legislación minera, el Código de Minas es extremadamente liberal, y ofrece un amplio espectro a la empresa privada, limitando la acción directa del Gobierno a favor de la inversión privada. La categorización de un marco legal minero no puede hacerse cuantitativamente como se mide un valor de exportación o un PIB, con indicadores numéricos. Pero, la efectividad del Nuevo Código de Minas es palpable en todos los niveles del sector y se pueden resaltar los siguientes logros:

- Mayor compromiso gubernamental de promover la minería legal, con incrementos de la productividad, la mejor muestra de ello son los procesos de legalización minera de hecho que se llevan a cabo en todo el país.
- Mayor acento en la fiscalización con el cumplimiento de las obligaciones a cargo del Concesionario minero.
- Disminución de los requisitos precontractuales y la simplificación de los trámites administrativos.
- Reducción de las desventajas comparativas en los diferentes escenarios y factores que miden la posibilidad de inversión en el país.

El Código de Minas ha introducido nuevas condiciones en el campo fiscal, beneficiosas en su gran mayoría para la industria minera. Se garantiza estabilidad

fiscal en aspectos como el canon superficiario y las regalías, además de gozar de exenciones impositivas y arancelarias en la importación de maquinaria para minería. La actividad minera se grava de manera general como las demás actividades. Adicional tiene costos fiscales específicos devengados de explotar el patrimonio público.

Para el impuesto sobre la renta en particular, es necesario advertir que la actividad minera se caracteriza por un primer periodo exploratorio de inversión. Una segunda fase de explotación, en la cual se recupera la inversión. Una fase final en la que recuperados los costos se genera una mayor renta neta, hasta agotar los recursos mineros. El desarrollo temporal de esta actividad económica debería ser considerado para que la tributación se comportara en función de estas variables. Es necesario considerar las tasas ambientales, por tanto los proyectos mineros deben contemplar los costos ambientales, incluyendo las tasas retributivas y compensatorias. En proyectos mineros de material de arrastre debe considerarse una inversión forzosa por ser proyectos que involucren la utilización de agua.

En la actualidad, dado el avance del Nuevo Código de Minas resulta fundamental definir los mecanismos necesarios para acelerar el proceso de búsqueda de la competitividad en la inversión minera, mediante una ley que la reglamente, complemento útil para el Código de Minas. Este instrumento permitiría la compilación de las leyes sobre la inversión minera en el país, dando reglas claras y completas sobre el tema.

1.5.2 Producción y comercialización de los materiales de arrastre en Santander. Según el Inventario Minero de Santander se cuenta con una producción de este tipo de materiales del orden de 960.000 m³/año, discriminado de la siguiente forma:

- En los cauces activos de los ríos Lebrija y Chicamocha se tiene una producción de 224.000 m³/año, aportando entre el 20 y 25% del total. Toda la producción se desarrolla por actividad mecanizada.
- El método artesanal concentra gran cantidad de personas, 3 ó 4 que conforman grupos repartidas en tramos a lo largo de los cauces. Utilizan la técnica de trinchos y molineo aportando cerca del 40 % (384.000 m³/año) de la producción total de agregados pétreos.

La comercialización de estos materiales es a escala local, y están sujetos a la demanda de infraestructura en las cabeceras municipales. El Área Metropolitana (Bucaramanga, Girón, Piedecuesta y Floridablanca) es el centro de mayor demanda seguido de la ciudad de Barrancabermeja a nivel departamental. Un renglón importante que dinamiza la actividad extractiva de los materiales de arrastre, son sin duda las obras viales intermunicipales/interdepartamentales, porque existen depósitos con grandes reservas alejados de los centros urbanos, pero que configuran una excelente solución para este tipo de obras.

Es importante anotar que en pocos años la industria energética (petróleo y carbón) demandará este tipo de materiales para su infraestructura en general, es así como los municipios de San Vicente, Sabana de Torres, Landazurí, El Carmen, Bolívar y Cimitarra constituirán grandes oportunidades de mercados, donde se podrán aprovechar las corrientes hídricas de los ríos Carare y Opón para la explotación de materiales de arrastre.

2. MARCO NORMATIVO LEGAL Y AMBIENTAL APLICABLE A LA MINERÍA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE

El desarrollo de la actividad minera se regula por un marco jurídico que interrelaciona los aspectos de legislación minera, la dimensión ambiental y el ordenamiento territorial. Como se reseñó en el capítulo anterior, una buena valoración de las condiciones de viabilidad en un proyecto minero exige fundamentalmente un marco legal y normativo que brinde seguridad jurídica al inversionista y flexibilidad en aspectos técnicos de las fases del proyecto minero. La actividad minera de los materiales de arrastre conlleva una serie de particularidades y especificaciones de orden legal, técnico y ambiental; susceptible de una revisión y análisis para la toma de decisiones en el montaje de una explotación de este recurso mineral.

2.1 LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD MINERA, AMBIENTAL Y DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

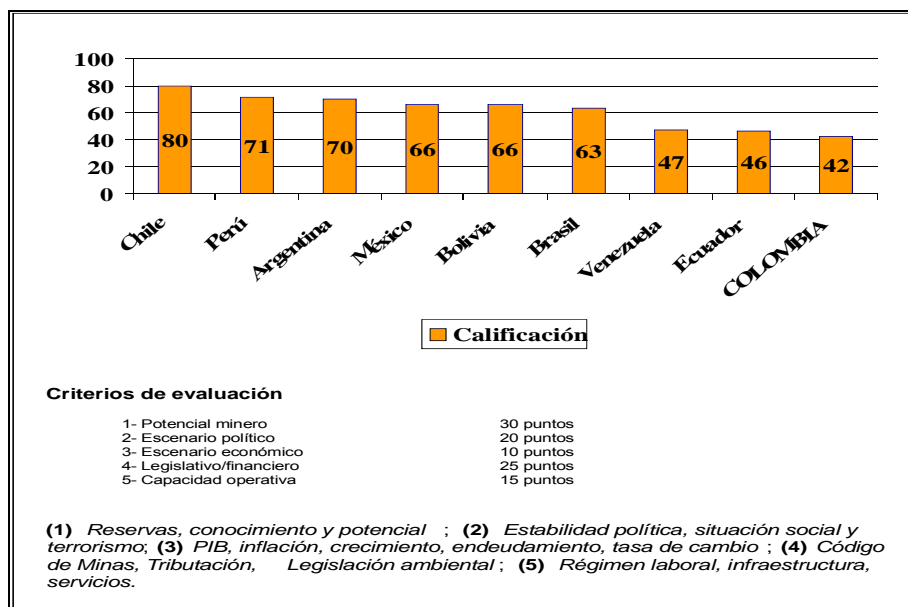
La industria minera necesita de un soporte efectivo para la inversión, reflejado en claridad y garantías de los marcos legales minero y ambiental. El desarrollo de la actividad minera en general, se basa en la Ley 685 del 15 de agosto de 2001 (en adelante Código de Minas) que se complementa con un conjunto de normas técnicas, decretos y guías orientados a gestionar y promocionar la minería como actividad de desarrollo ambientalmente sostenible, haciendo un óptimo aprovechamiento de los recursos minerales.

2.1.1 Legislación minera. La evolución del desarrollo jurídico moderno de esta rama en nuestro país tiene sus antecedentes con la Ley 20 de 1969 y los estatutos mineros contenidos en los decretos reglamentarios 1275 de 1970 y 2497 de 1986,

que se configuraron en el precursor del primer Código de Minas (Decreto 2655 de 1988). (UPME, 2002)

El actual Código de Minas (Ley 685 de 2001) es el resultado de un consenso entre los diferentes agentes involucrados en los proyectos de planeamiento y desarrollo minero, está justificado en la medida que da un cambio fundamental en la concepción de la minería nacional haciendo atractiva la inversión extranjera. De acuerdo a evaluaciones de la competitividad minera en países latinoamericanos, Colombia ocupa el último puesto superado ampliamente por países con menor o igual potencial geológico como Venezuela o Argentina (Acosta, 2001). Desde ese contexto, las condiciones exigen un profundo cambio en los aspectos jurídicos, económicos y sociales del sector minero, tomando de modelo la legislación existente en Chile y Argentina, donde las profundas reformas en sus leyes aumentaron la inversión foránea en minería, (ver Figura 6).

Figura 6. Panorama de la competitividad minera de los países suramericanos frente a la inversión extranjera.



Fuente: *Latin American Mining Review*. Junio 1999.

Los objetivos del Código de Minas (Ley 685 de 2001) son:

- Lograr un estatuto acorde con los avances legislativos regionales y mundiales, que permita superar las desventajas comparativas para las empresas que deseen hacer inversión.
- Consagrar una política estatal para el sector, que consulte las realidades del actual negocio minero internacional y que fomente la actividad minera.
- Elevar los niveles de competitividad y productividad minera, desarrollando el pleno potencial geológico-minero del país.
- Promover el desarrollo social, económico y ambiental de las zonas mineras.

La legislación vigente para los materiales de arrastre durante la etapa de exploración, es contemplada en el Código de Minas, en los siguientes artículos:

TITULO I. DISPOSICIONES GENERALES

Art. 10. Definición de minas y mineral

Art. 11. Materiales de construcción

Art. 14. Título minero

Art. 39. Prospección de minas

Art. 41. Caución

TÍTULO II. LA CONCESIÓN DE MINAS

Art. 64. Área en corrientes de agua.

Art. 65. Área en otros terrenos.

Art. 71. Período de Exploración

Art. 78. Trabajos de Exploración

Art. 79. Técnicas y especificaciones aplicables

Art. 80. Objeto de los trabajos

Art. 81. Términos de referencia y guías

TÍTULO III. REGÍMENES ESPECIALES

Art. 116. Autorización temporal

TÍTULO IV. MINERÍA SIN TÍTULO

Art. 159. Exploración y explotación ilícita

TÍTULO V. ASPECTOS EXTERNOS DE LA MINERÍA

Art. 201. Requisitos para la prospección

Los materiales de arrastre para efectos legales pertenecen al grupo de los Materiales de Construcción, como lo define el art. 11 del Código de Minas, lo anterior debe considerarse para efectos de trámite ante la Autoridad Minera. Una discusión detallada sobre la definición y los sistemas de clasificación de los materiales de arrastre se abordó en el capítulo anterior. De igual forma ante la Autoridad Ambiental (Corporación Autónoma Regional o Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible) y en el ámbito del ordenamiento territorial, este recurso mineral se denomina material de arrastre.

Es importante tomar en cuenta las regulaciones exigidas en el ámbito minero para la concesión de áreas de concesión y la explotación de minerales (aplicable a los materiales de arrastre) en corrientes de agua¹³, es así como la zona de explotación de minerales (aplicable a los materiales de arrastre) en el cauce de una corriente de agua se determina por un polígono de cualquier forma que dentro de los linderos abarque dicho cauce continuo en un trayecto máximo de dos (2) km, medidos por uno de sus márgenes. Para áreas que incluyan además las riberas de una corriente de agua, la zona será de hasta 5.000 Ha, delimitados por un polígono de cualquier forma y dentro de cuyos linderos contenga un trayecto de hasta cinco (5) km, medidos por una de sus márgenes.

¹³ Artículo 64 del Código de Minas.

Normas complementarias del marco legal minero

-Decreto 1335 de 1987 – Seguridad en minería subterránea: Reglamento de seguridad en las labores de minería subterránea.

-Decreto 2222 de 1993 – Seguridad e Higiene Industrial en la minería a cielo abierto: Reglamenta todo lo concerniente a la higiene y seguridad industrial de las actividades mineras a cielo abierto.

-Ley 141 de 1994 – Ley de Regalías: Crea el Fondo Nacional de Regalías. Consagra el derecho del Estado de percibir regalías por la explotación de los recursos naturales no renovables.

-Ley 756 de 2002 – Regalías: Modifica la Ley 141 de 1.994, establece criterios de distribución de las regalías.

-Decreto 2191 de 2003 – Se adopta el Glosario Técnico Minero, de uso obligatorio en la actividad minera.

-Decreto 3290 de 2003 – Especificaciones técnicas para la presentación de planos y mapas aplicados a la minería: Reglamenta requisitos y especificaciones de orden técnico minero que deban atenderse en la elaboración de los documentos, planos, croquis y reportes relacionados con la determinación y localización del área objeto de la propuesta y del Contrato de Concesión, así como en los documentos e informes técnicos que se deban rendir.

-Decreto 1993 de 2002 – Formato Básico Minero: Instrumento único de captura de información estadística minera relacionada con los títulos mineros vigentes.

-Artículo 78 de la Ley 685/2001. Establece los Términos de Referencia para la presentación de LTE y PTO ante la autoridad minera.

2.1.2 Legislación ambiental. El punto de referencia de la legislación ambiental en Colombia lo constituye la convención de Estocolmo en 1972, cuyos principios se acogieron en el “Código de Recursos Naturales renovables y de protección al Medio Ambiente” (Decreto Ley 2811 de 1974). En 1991, la protección del medio

ambiente alcanzó una nueva dimensión con la Constitución Política colombiana, elevándose a la categoría de derecho colectivo y dotándola de mecanismos de participación y veeduría ciudadana; en particular, a través de las acciones populares o de grupo y del uso de las acciones de tutela y de cumplimiento.

Con base en las recomendaciones de la Conferencia de las Naciones Unidas (Río de Janeiro, 1992) sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el Congreso expidió la Ley 99 de 1.993, que conforma el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y permite la creación del Ministerio del Medio Ambiente como su Ente Rector. Con esta Ley, la gestión ambiental en Colombia asume un nuevo enfoque convirtiéndose en una actividad más sistemática, descentralizada, participativa, interdisciplinaria y pluricultural. Con la puesta en vigor del Decreto 1220 de 2005, se reglamenta la Ley 99 sobre las Licencias Ambientales adoptando una legislación ambiental que responde a la necesidad de considerar la variable ambiental como un factor fundamental en el desarrollo de la actividad minera.

La Licencia Ambiental es la autorización que otorga la Autoridad Ambiental¹⁴ competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la Ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada.

¹⁴ Las autoridades competentes para otorgar la licencia ambiental son: El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (El MAVDT se encarga del manejo ambiental para proyectos de Gran Explotación), las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, los municipios, distritos y áreas metropolitanas cuya población sea superior a un millón de habitantes dentro de su perímetro urbano, los distritos de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta y las Entidades Territoriales delegatarias de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Para toda actividad o labor industrial se debe contar con una Licencia Ambiental, que cubre los parámetros a seguir para la Restauración paisajística del proyecto. La licencia ambiental para las obras y trabajos del concesionario minero se otorgará de manera global para la construcción, montaje, explotación, beneficio y transporte interno de los correspondientes minerales. La licencia comprende los permisos, autorizaciones y concesiones para hacer uso de los recursos necesarios para el aprovechamiento minero.

En relación a los aspectos básicos del medio ambiente en el sector minero, el Código de Minas los desarrolla en el capítulo XX. Considerándose el principio de sostenibilidad en los planos económicos y ambientales consagrado en el art. 194 de la Ley 685/2001¹⁵ resaltando el carácter de la industria minera como de utilidad pública e interés social; en el mismo sentido, el artículo 195 determina la inclusión de la gestión ambiental como obligatoria.¹⁶ Respecto al seguimiento y control de las obligaciones ambientales en las labores mineras, el Código de Minas en su artículo 198 establece lo siguiente: “los medios e instrumentos para establecer y vigilar las labores mineras por el aspecto ambiental, son los establecidos por la normatividad ambiental vigente para cada etapa o fase de las mismas, a saber, entre otros: Planes de Manejo Ambiental (...) y autorizaciones ambientales en los casos en que tales instrumentos sean exigibles”.

Para adelantar las labores de prospección y exploración del proyecto minero, la principal referencia es la guía Minero Ambiental, que el Concesionario deberá ajustar a las características y condiciones específicas del área solicitada (art.

¹⁵ **“Art. 194. Sostenibilidad.** El deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar y desarrollar racionalmente el aprovechamiento de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este principio deberá inspirar la adopción y aplicación de las normas, medidas y decisiones que regulan la interacción de los dos campos de actividad, igualmente definidos por la ley como de utilidad pública e interés social”.

¹⁶ **“Art. 195. Inclusión de la gestión ambiental.** Para todas las obras y trabajos de minería adelantados por contrato de concesión o por un título de propiedad privada del subsuelo, se incluirán en su estudio, diseño, preparación y ejecución, la gestión ambiental y sus costos, como elementos imprescindibles para ser aprobados y autorizados. En ningún caso la autoridad ambiental podrá otorgar permisos, concesiones, autorizaciones o licencias de orden ambiental, para obras y trabajos no amparados por un título minero”.

272/Ley 685 de 2001). Es necesario tener conocimiento de la oferta y demanda de los recursos naturales renovables de la zona, aprovechamiento o afectación, estableciendo las asignaciones, el manejo y el grado de intervención que pueda realizarse sobre los mismos; cuando en desarrollo de las labores mineras se requieran usar en forma ocasional o transitoria, se solicitará la correspondiente autorización a la autoridad ambiental competente, incluso en la etapa de exploración.

La obtención de los mismos, es indispensable para dar inicio a los Trabajos de Exploración. Los permisos, autorizaciones y concesiones de recursos naturales renovables aplican para:

- Aprovechamiento forestal. La construcción e instalación de las obras necesarias para el proyecto, así como la apertura de vías, escombreras y patios de acopio requieren el despeje y remoción de áreas con vegetación.
- Ocupación de cauces o lechos de corrientes o Depósitos de agua. En caso de ser necesaria la construcción de obras que ocupen cauces de una corriente o depósito de agua, bien sea por infraestructura propia del proyecto, vías o instalaciones necesarias para la explotación.
- Concesión de Aguas superficiales. Para instalaciones del proyecto y actividades de explotación.
- Vertimientos Residuos Líquidos. En la explotación se pueden generar vertimientos de aguas residuales domésticas, provenientes de los campamentos e instalaciones y aguas residuales industriales y mineras generadas durante la explotación, que deben ser sometidas a tratamientos antes de ser vertidas al cuerpo receptor.
- Emisiones atmosféricas. Puede requerirse para la operación de los patios de acopio del mineral.

Es oportuno resaltar que la vigencia de dichos permisos debe ser igual a la de la Licencia ambiental.

Los trabajos de exploración minera estarán sujetos a la guía ambiental y el seguimiento correspondiente será competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales o Grandes Centros Urbanos, quienes tendrán en cuenta la reglamentación que para estos efectos expida el Ministerio del Medio Ambiente.¹⁷ El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974) es el cuerpo de Ley Ambiental. En sus artículos 99, 100 y 101 establece la obligatoriedad de tramitar el respectivo permiso de extracción de material de arrastre, así:

“Artículo 99. Requiere permiso la extracción por particulares, de materiales de arrastre de los cauces o lechos de las corrientes o depósitos de aguas, como piedra, arena y cascajo.

Así mismo, necesita autorización la extracción de materiales de cauces, corrientes o depósitos de agua para obras públicas que ejecuten entidades oficiales”.

“Artículo 100. En cuanto autoricen trabajos en cauces o lechos de ríos o lagos, las concesiones para la exploración o explotación mineral, no podrán ser otorgadas sin previa autorización de la entidad que debe velar por la conservación del cauce o lecho”.

“Artículo 101. Se ordenará la suspensión provisional o definitiva de las explotaciones de que se derive peligro grave o perjuicio para las poblaciones y las obras o servicios públicos”

¹⁷ Decreto 1728/2.002. A nivel nacional se establece que la Autoridad que expida la Licencia Ambiental, deberá asumir el control y seguimiento del proyecto, obra o actividad. En el artículo 9 se hace claridad respecto a la Competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Son normas complementarias: el decreto 1541 de 1978 reglamenta la parte III del Libro II del Decreto Ley 2811: de las aguas no marítimas y el decreto 1594 de 1984 cuyos objetivos fundamentales son la preservación y restauración del ambiente, la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables; además de la prevención y control de los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos. Por su parte, el artículo 87 del Decreto-ley 1541 de 1978 señala en relación con los permisos para explotación de material de arrastre:

"Las personas interesadas en obtener permisos para extracción de materiales de arrastre de los cauces o lechos de las corrientes o depósitos de aguas, deberán presentar solicitud al INDERENA¹⁸, en la cual se exprese: (...)

- b. Sector del cauce o lecho donde se establecerá la explotación, precisándolo con exactitud; (...)
- f. Sistema que se empleará en la explotación y métodos para prevenir los daños al lecho o cauce o a las obras públicas o privadas;
- g. Declaración de efecto ambiental".

La restauración paisajística y la protección ambiental son compromisos obligatorios de los Concesionarios en cualquier Proyecto minero, sin embargo por mayor control que se ejerza en el desarrollo de esta actividad continua generando Un impacto sobre el medio ambiente dentro de unos límites permisibles de afectación definidos por la Autoridad Ambiental. Para tal fin la Autoridad Ambiental encargada del seguimiento y control del proyecto minero, establece contribuciones, tasas, derechos, tarifas y multas por concepto de retribución por el impacto ambiental generado. En el caso de la actividad minera de los materiales de arrastre se aplica una tasa cuya base gravable es la cantidad de material de

¹⁸ Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables. Su liquidación fue ordenada por la ley 99 de 1993 y las funciones del INDERENA fueron asumidas por las Corporaciones Autónomas Regionales creadas en todo el país.

arrastre extraída, así como el tipo de material y la forma de explotación utilizada. La tasa por explotación de material de arrastre se sujeta a los criterios y directrices señalados por ley, incluirá los costos de administración e inversión requeridos por la autoridad ambiental competente para la recuperación de la dinámica de los cauces o lechos de las corrientes o depósitos de aguas.

2.1.3 Normatividad en ordenamiento territorial. La garantía para lograr el desarrollo sostenible de las actividades humanas, es decir un equilibrio con la protección y conservación de los valores naturales del medio ambiente, es una adecuada ordenación del territorio. Ordenar el territorio significa vincular las actividades humanas al propio territorio.

Lo anterior está fundamentado de acuerdo con la ley 388 de 1997¹⁹ y el decreto 879 del 13 de mayo de 1998, donde se especifica que los municipios deben hacerse cargo de su proceso de planeación y desarrollo territorial. Con el fin de facilitar este proceso se han creado unos mecanismos que son el Plan de Desarrollo y el Plan de Ordenamiento Territorial, los cuales incorporan todas las políticas nacionales así como los distintos compromisos que los respectivos gobernantes tengan en su momento.

Existen distintos tipos de ordenamiento territoriales ya que estos se basan en la cantidad de habitantes de la zona en donde este se va a ejecutar. Los POT se clasifican en:

- Esquema de Ordenamiento Territorial: Son elaborados y ejecutados cuando en un municipio su población no supera los 30.000 habitantes.

¹⁹ La ley 388 de 1997 establece que el plan de ordenamiento territorial (POT) es el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal. Esta ley indica que los municipios deberán "...reglamentar de manera específica los usos del suelo en las áreas urbanas, de expansión y rurales de acuerdo con las leyes, a optimizar los usos de las tierras disponibles y coordinar los planes sectoriales, en armonía con las políticas nacionales y los planes departamentales y metropolitanos" y define las competencias en materia de ordenamiento territorial.

- Plan Básico de Ordenamiento Territorial: Se procede a su elaboración y adaptación siempre y cuando el municipio posea una población entre los 30.000 y 100.000 habitantes.
- Plan de Ordenamiento Territorial: Son aquellos que se usan en las ciudades y distritos municipales donde la población supera a los 100.000 habitantes, lo cual conlleva a que esta sea una zona bastante grande con relación a los anteriores.

A pesar de que existen distintos tipos de planes de ordenamiento territorial todos deben contemplar los componentes urbanos, rurales y de expansión.

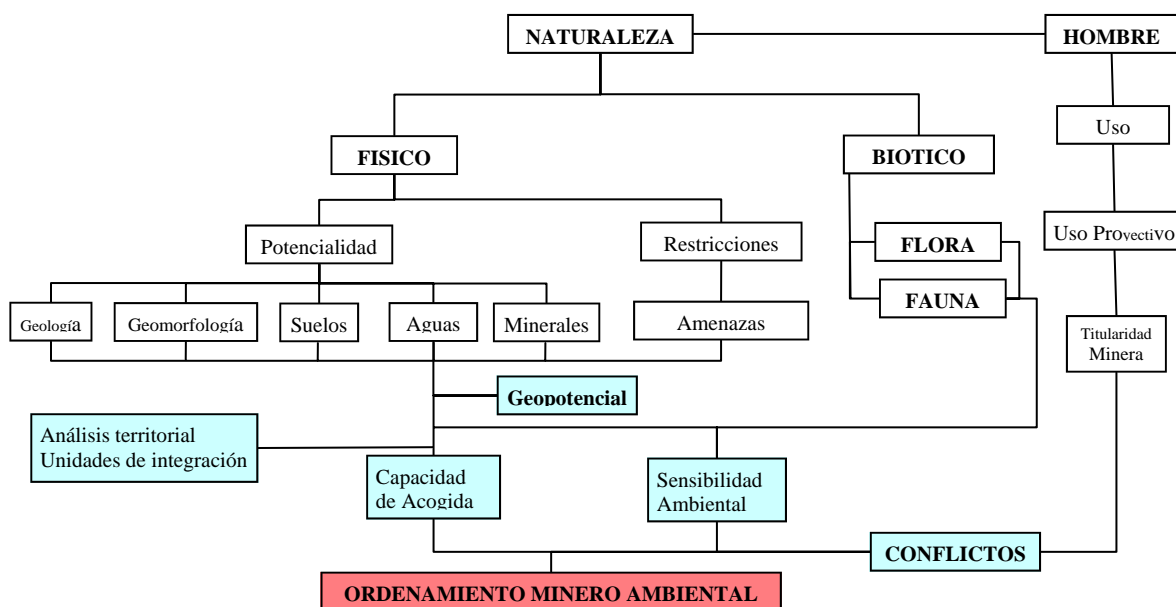
La ordenación minera se puede definir como el conjunto de actuaciones de las administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, que tienen como finalidad la gestión y promoción del aprovechamiento racional de las sustancias minerales y demás recursos geológico-mineros, en orden a conseguir un desarrollo económico y social, en el ámbito geográfico implicado, compatible con otros usos y valores del espacio sobre el cual se asienta la actividad minera (Lorenzo et al. en Orchei, 2003). Ya que la puesta en marcha de la actividad extractiva está condicionada por la localización y existencia de los recursos mineros, es fundamental que estén incluidos en el planeamiento de la utilización del territorio.

Las zonas destinadas a usos mineros en el ordenamiento minero, son áreas de explotación de recursos del suelo y subsuelo, cuyo aprovechamiento debe realizarse sin afectar los demás recursos presentes en la zona y el medio ambiente en general, con criterios de conservación y mitigación de los impactos ambientales.²⁰ La actividad minera puede ser compatible con otros usos del suelo, pero existen conflictos permanentes por el uso del suelo, dadas las presiones

²⁰ El Decreto 1728 de 2.002, en su artículo 11, establece la necesidad de compatibilizar en el marco del Estudio de Impacto Ambiental, el proyecto, obra o actividad con los usos del suelo definidos en el respectivo Plan de Ordenamiento Territorial, Esquema o Plan Básico del área en donde se desarrollarán los mismos.

Humanas, las capacidades y restricciones del mismo territorio.²¹ Sin embargo, los recursos minerales se olvidan con frecuencia en los planes de desarrollo regional. La gran mayoría de los centros urbanos y zonas rurales no han sido planificados considerando la aptitud o capacidad de uso del medio físico, los recursos del subsuelo, las restricciones y oportunidades geológico-mineras; lo que conlleva al desarrollo desordenado de la actividad extractiva en la pequeña y mediana minería, generando deterioro ambiental, bajo aprovechamiento de los depósitos, sobreexplotación de los recursos e inadecuado uso del territorio.

Figura 7. Aspectos metodológicos del ordenamiento minero ambiental.



Fuente: Modificado de Viana, 2003.

Se debe incluir la variable de los recursos mineros dentro de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), ya que históricamente no se les ha dado el valor y la importancia que ameritan. Para ello es necesaria una metodología operacional y práctica (ver Figura 7) que aborde la planificación territorial e integre el

²¹ El Código de Minas en su artículo 37 determina que con excepción de las áreas definidas en los artículos 34 y 35, "ninguna autoridad regional, seccional o local, podrá establecer zonas del territorio que queden permanente o transitoriamente excluidas de la minería. Esta prohibición comprende a los planes de ordenamiento territorial.

Diagnóstico ambiental municipal participativo, impulsando a los actores locales hacia el manejo sostenible de los recursos naturales renovables. En el caso de los recursos minerales abundantes como es el caso de los materiales de arrastre, se puede plantear el estudio y análisis de alternativas de localización de la actividad minera dentro del ámbito geográfico considerado en el marco del ordenamiento territorial, es decir en función de la capacidad de impacto del territorio ante la actividad extractiva y del grado de compatibilidad de ésta con los otros usos de los recursos naturales.

Según Viana, 2003; un elemento fundamental en el ordenamiento minero-ambiental es el geopotencial de la zona o región. El geopotencial es la caracterización y evaluación de las potencialidades, y restricciones del territorio; resultado de aplicar los estudios del medio físico al ordenamiento territorial con el fin de conocer las mejores alternativas de uso y aprovechamiento. Este instrumento permite obtener una mejor definición y coherencia en los resultados, donde prima esencialmente lo técnico en la toma de decisiones y acciones, pese a que el desenvolvimiento del territorio depende en gran medida de la comunidad humana y de su cultura. La incorporación del tema de los materiales de arrastre debe convertirse en una política de ordenamiento territorial, expresada en normas técnicas para su adecuado aprovechamiento.

Una propuesta exitosa de ordenamiento territorial para los materiales de construcción lo constituye el POT de la Sábana de Bogotá, que contempla dos tipos de áreas relacionadas con la actividad minera. En primer lugar, los parques minero industriales, que son zonas con un manejo especial y concertado en donde se adelanten extracciones mineras. En segundo lugar, las áreas de suspensión de la actividad minera, son aquellas en las que, por determinación de la autoridad ambiental, se debe detener la extracción y adelantar una recuperación morfológica, urbanística y paisajista para su uso urbano (Meléndez y otros, 2006). En conclusión, la actividad extractiva de los recursos mineros, por unas causas o

por otras, debe contemplarse en el marco del Ordenamiento Territorial, pero al mismo tiempo, la Planificación Territorial debe tener en cuenta los aspectos y peculiaridades propios de esta actividad. Consecuentemente, para llevar a cabo una adecuada planificación y ordenamiento del territorio en lo que a la actividad minera se refiere, es necesario previamente:

- Conocer a fondo y delimitar geográficamente aquellas zonas del territorio que contienen los diferentes recursos mineros.
- Caracterizar la calidad y cantidad de los diferentes recursos.
- Analizar el consumo y la previsión de la demanda futura de estos recursos.
- Analizar las características propias y las condiciones técnico-económicas que presenta la explotación minera de los diferentes tipos de recursos geológicos.

2.2 TITULARIZACIÓN, DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LA ACTIVIDAD MINERA DURANTE LA ETAPA DE EXPLORACIÓN

2.2.1 La titularización minera. El Título Minero es el documento en el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo. Pese a que el actual Código de Minas (Ley 685 de 2001) deroga de manera expresa al anterior (Decreto 2655 de 1988), los títulos otorgados bajo este régimen aún mantienen vigentes sus condiciones. En el caso de los materiales de arrastre, se hará un recuento de los sistemas jurídicos de exploración y explotación de este recurso mineral.

Titularización bajo las legislaciones anteriores al Decreto 2655 de 1988

El enfoque de la actividad minera que se venía aplicando desde las épocas de la colonia tenía como característica fundamental la gratuidad del Estado al entregar los yacimientos, depósitos y canteras a los particulares para su explotación sin que a su vez este recibiera contraprestación diferente a algunos impuestos, la

legislación ambiental y de ocupación del suelo eran laxas en sus regulaciones y no garantizaban que una vez finalizado el proyecto minero se realizara una adecuada restauración paisajística de la zona.

Para el caso de los materiales de arrastre, el régimen jurídico no contemplaba que la explotación de este recurso mineral fuera regulada por las entidades rectoras de la minería en el país (Ministerio de Minas y Energía, División Regional de Minas, MINERALCO). La entidad encargada del otorgamiento, seguimiento y control de los permisos era el Instituto de Desarrollo de Recursos Naturales Renovables - INDERENA (Autoridad ambiental), tal como lo contemplaba la legislación existente:

- El artículo 99 del Decreto Ley 2811 de 1974, así: “requiere permiso de extracción de materiales de arrastre, de cauces o lechos de las corrientes o depósitos de agua (...)”.
- El artículo 87 del Decreto 1541 de 1978, en relación con los permisos para la extracción de material de arrastre:

“Las personas interesadas (...) (en la) extracción de materiales de arrastre de los cauces o lechos de las corrientes o depósitos de aguas deberán presentar solicitud al INDERENA, en el cual se exprese:

- (a) Sector del cauce o lecho (...) precisándolo con exactitud.
- (b) Sistema que (...) empleará en la explotación y métodos para prevenir daños al lecho...
- (c) Declaración de efecto ambiental.

El INDERENA otorgaba dos (02) modalidades de permisos, que no son títulos, pero autorizaban al poseedor el desarrollo de la actividad minera de materiales de arrastre y eran:

- * Permiso común de extracción de materiales de arrastre
- * Permiso especial de extracción de material de arrastre (carné)

Titularización bajo el Decreto 2655 de 1998

El primer Código Minero del país (Decreto 2655 de 1988) se distinguía por la multiplicidad de títulos mineros y la estratificación que otorgaba a la actividad minera, de acuerdo a la capacidad anual proyectada de extracción de materiales de arrastre (artículo 15 del Decreto 2655/1988). Los rangos de la minería para materiales de construcción son:

- Pequeña minería, hasta 10.000 m³/año
- Mediana minería, entre 10.000 y 150.000 m³/año
- Gran minería, mayor de 150.000 m³/año

A la luz del anterior Código Minero (Decreto 2655 de 1988), los títulos mineros se clasificaban en:

- Licencias de exploración, licencias de explotación y licencias especiales de explotación
- Aportes mineros
- Contratos mineros
- Licencia de Exploración. Título que confiere el derecho exclusivo a realizar trabajos para establecer la existencia de yacimientos de minerales y reservas, dentro de una zona determinada. Las áreas que se otorgaban en virtud de dichas licencias están clasificadas por el Decreto 2655 de 1988, según la extensión del yacimiento y la magnitud del proyecto.
- Licencia Especial de Explotación. No debe exceder en área a las diez (10) hectáreas y se otorga por el término de cinco (05) años renovables por períodos iguales. Era exclusivo para proyectos de explotación de materiales de construcción, en el rango de pequeña minería.

- Contratos mineros. Los contratos mineros son los instrumentos mediante los cuales se crean derechos y obligaciones en la exploración, montaje de minas, explotación y beneficio de minerales.

Hay dos clases de Contratos Mineros:

- * Contratos de Concesión
- * Contratos con las Entidades descentralizadas

En el caso de los materiales de arrastre aplican los Contratos de Concesión, ya que los Contratos con Entidades descentralizadas aplicaban para minerales estratégicos como yeso, caliza, carbón y esmeralda. Los Contratos de Concesión son celebrados por el Ministerio de Minas y Energía o la autoridad delegada, confieren al concesionario el derecho exclusivo a extraer los minerales; a realizar obras, labores de montaje y desarrollo de la explotación, así como transporte del mineral. Exclusivos para proyectos de explotación de gran minería.

Tabla 7. Compilación de las características técnicas de los títulos bajo el Decreto 2655 de 1988.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN		
Licencia de Exploración Esta licencia comprende todos los minerales concesibles que pueden existir en la zona otorgada, a menos que el interesado limite su solicitud a uno o a varios específicos. Para otorgar la licencia de exploración y su duración, se debe conocer el área a explorar.			
	Pequeña Minería	Mediana Minería	Gran Minería
Área a explorar (Ha)	100	100 > A > 1000	1000 > A > 5000
Duración de la Licencia	Un año	Dos años	Cinco años
Tiempo de Prórroga	Un año	Un año	Un año
Etapas de Explotación <i>Finalizada la etapa exploratoria, se clasificaba el proyecto de acuerdo a los niveles de producción.</i>			
Licencia Especial de Explotación	<ul style="list-style-type: none"> ● La licencia tiene una duración de 5 años a partir de su inscripción en el Registro Minero Nacional. ● Permite la explotación de materiales de construcción por cantera o de arrastre, si se trata de proyectos de Pequeña Minería. 		
Contratos mineros de concesión	<ul style="list-style-type: none"> ● La duración de los contratos mineros de concesión es de 30 años, a partir de su inscripción en el Registro Minero. ● Durante la explotación el contratista debe devolver las zonas que no estén incluidas en los planes y diseños mineros. ● Al vencer los contratos de concesión de gran minería, el contratista debe dejar en funcionamiento equipos, instalaciones y obras mineras y entregar a título de reversión gratuita todas las propiedades exclusivas de explotación. 		

Fuente: Elaboración propia.

Titularización bajo la Ley 685 de 2001

El Código de Minas le da al Estado colombiano una nueva concepción en su papel frente al sector minero, pasando a asumir funciones de planificación y regulación de la actividad minera (Tabla 8). Además otorga a la actividad minera el carácter de utilidad pública e interés social, convirtiendo todo lo relacionado con la materia en primordial importancia para el Orden Estatal.

El rol de Autoridad Minera es asumido por el Ministerio de Minas y Energía (MME), dejando como Autoridades mineras delegadas en el orden nacional a INGEOMINAS y sus Grupos de Trabajo Regional, o en su defecto a las Gobernaciones delegadas. Durante su vigencia ha permitido la racionalización y adecuación de la normatividad a las necesidades socioeconómicas y culturales del sector minero.

Tabla 8. Papel del Estado y el Sector Privado en la actividad minera del país.

ACTIVIDAD	ESTADO	SECTOR PRIVADO
<i>Regulación y planeación</i>	Central - Ministerio de Minas y Energía y sus dependencias (UPME)	
<i>Titulación minera y fiscalización</i>	INGEOMINAS – Servicio Minero (Subdirección de Contratación y Titulación Minera, Subdirección de Ordenamiento y Fiscalización Minera)	
<i>Exploración básica, carta geológica nacional, mapas temáticos (Labores de prospección)</i>	INGEOMINAS – Servicio Geológico (Dirección de Geología Básica)	
<i>Investigación y desarrollo tecnológico</i>	Descentralizado	
<i>Infraestructura</i>		
<i>Financiación</i>		Banca privada
<i>Exploración técnica detallada y factibilidad minera.</i>		Concesionarios de Títulos mineros
<i>Diseño e ingeniería</i>		Concesionarios de Títulos mineros
<i>Desarrollo, producción, desarrollo, procesamiento, transformación, transporte, distribución y comercialización.</i>		Concesionarios de Títulos mineros

Fuente: Modificado de Castillo, 1.998.

Como se viene reseñando, el país se encontraba en mora de actualizar su legislación minera y entre los aspectos más interesantes del nuevo Código de Minas se tienen:

- Se hace énfasis en la propiedad del subsuelo por parte del Estado, específicamente de las minas.
- El Estado deja de ser empresario y se convierte en facilitador, regulador, controlador y se desliga de actividades operacionales de producción o comercialización de bienes.
- Un incremento en la seguridad jurídica. De la otrora multiplicidad de formas de titularización minera (Licencia de exploración, Licencia de Explotación, Licencias Especiales de Explotación, Contrato en virtud de Aporte, Contrato de Concesión, Permiso, Reconocimiento de propiedad privada) se pasa a un solo sistema de contratación: el Contrato Único de Concesión, aunque en realidad se pueden mencionar la Autorización Temporal.
- Facilidad de acceso a áreas bajo el principio: “Primero en el tiempo, primero en el derecho”.
- Eliminación de las categorías en la minería del país: pequeña, mediana y gran minería.
- Hace imperativo generar información geológica de primera calidad, asignando con suficiencia los recursos que demanda esta actividad, por su elevado nivel científico. Permitiendo la ampliación e intensificación de la información geológica básica.
- Definición clara del concepto de Contraprestación económica. Además de la estabilidad de las regalías (por un mínimo de 6 meses) e incompatibilidad con tributos nacionales o territoriales.

El Código de Minas define los mecanismos para el otorgamiento de los derechos a explorar y explotar yacimientos, depósitos y canteras; a saber:

- Contrato Único de Concesión
 - Autorización temporal
- Contrato Único de Concesión Minera. En el actual Código Minero como se ha mencionado anteriormente, se busca la supresión de trámites, para tal fin se estableció un título único minero denominado “Contrato Único de Concesión Minera” que pone al país en la vanguardia de los avances legislativos mundiales. Como características de éste, se señalan:
 - Presenta características bilaterales (por el hecho de ser Contrato), creando obligaciones recíprocas (tanto del Concesionario como del Concedente).
 - Es un acuerdo de adhesión.
 - Abarca todo el ciclo minero: exploración, montaje, construcción, beneficio y transporte; sin embargo, las etapas de transformación y comercialización no están contempladas en la aplicación del Código Minero ni del Contrato. (Ver Tabla 9)

Los aspectos reseñados han creado un clima de seguridad jurídica, reducen la subjetividad en las relaciones contractuales entre el Estado y los particulares; además dan la posibilidad de mayor autonomía al Concesionario en temas técnicos, económicos, financieros y comerciales; siempre acatando la normatividad y los lineamientos que para tal fin sugiera la Autoridad Minera.

Tabla 9. Duración de la Concesión.

Etapas	Período (años)	Prórroga (años)	Disminución del período	
			Situación	Condición
Exploración	3	2	Podrá ser menor a 3 años por proponente ○ solicitud del proponente	Cumplimiento de las obligaciones mínimas exigidas para esta etapa del contrato
Construcción y Montaje	3	1	Podrá ser menor cuando la explotación se realice en forma anticipada y lo permitan la infraestructura y montajes provisionales o incipientes	Aviso previo y por escrito a la autoridad minera presentación del Programa de Obras y Trabajos de la explotación anticipada
Explotación	24		Será menor cuando el concesionario haga uso de las prórrogas en los períodos de exploración, construcción y montaje.	
Total Concesión	30	30	○ ○ ○	

Fuente: Tomado de Guía Minero Ambiental, 2.003

- Autorización temporal. Son títulos intransferibles, con una duración máxima por el término de ejecución de la obra. Es un acto mediante el cual, la Autoridad Minera o su delegataria otorga de manera intransferible a solicitud de las entidades territoriales o de los contratistas, permiso para efectuar por cuenta de estos la extracción exclusiva de materiales de construcción de los predios rurales, vecinos o aledaños a dichas obras con destino único para la construcción, reparación, mantenimiento y mejoramiento de las vías públicas nacionales, departamentales o municipales mientras dure la ejecución con sujeción a las normas ambientales. Se regula por el artículo 116 del Código de Minas.

2.2.2 Derechos y obligaciones durante la etapa de exploración del Contrato Único de Concesión

El Código Minero en el artículo 58 establece los derechos que comprende la concesión, así: *“El contrato de concesión otorga al concesionario, en forma excluyente, la facultad de efectuar dentro de la zona concedida, los estudios, trabajos y obras necesarias para establecer la existencia de los minerales objeto del contrato y para explotarlos de acuerdo con los principios, reglas y criterios propios de las técnicas aceptadas por la geología y la ingeniería de minas. Comprende igualmente la facultad de instalar y construir dentro de dicha zona y fuera de ella, los equipos, servicios y obras que requiera el ejercicio eficiente de las servidumbres señaladas en este Código.”*

Una vez otorgado el título minero, el beneficiario adquiere una serie de obligaciones; el incumplimiento de las mismas genera desde multas hasta la caducidad del título. Dentro del periodo de exploración señalado en el Contrato, el Concesionario deberá hacer la exploración técnica del área contratada. Terminada definitivamente el período de exploración (consistente en 3 años, si se solicita prórroga 2 años adicionales), se iniciará el periodo establecido en el

Contrato para la construcción e instalación de la infraestructura y del montaje necesarios para las labores de explotación. De acuerdo a la normatividad vigente (Ley 685 de 2001), una vez se otorga el título (hacer claridad que es una vez se inscribe en el Registro Minero Nacional) se establecen obligaciones, a continuación se presentan las más relevantes durante la etapa de exploración:

- **Garantías.** Con el objeto de garantizar el cumplimiento de las obligaciones estipuladas dentro del contrato se constituye una(s) póliza(s), que debe estar vigente durante toda la duración del mismo y un tiempo adicional (3 años, una vez finalizado el Contrato). La no constitución de esta y/o el reajuste de las misma, es causal de caducidad, en concordancia a lo establecido en el Artículo 112, de la Ley 685 de 2001.

- **Canon superficiario.** Contraprestación económica que deben pagar los beneficiarios a los cuales se les haya otorgado Licencia de exploración o Contrato de Concesión (que comprenda dentro de sus etapas la de exploración), este pago debe realizarse por anualidades anticipadas.

En los Contratos de Concesión regidos por la Ley 685 de 2001, esta contraprestación se extiende hasta la etapa de construcción y montaje. El valor a pagarse será el producto de multiplicar un salario mínimo legal día vigente con el número de hectáreas otorgadas, así:

Hasta 2.000 Ha	Un (01) salario mensual diario vigente
2.000 a 5.000 Ha	Dos (02) salarios mensuales diarios vigentes
5.000 a 10.000 Ha	Tres (03) salarios mensuales diarios vigentes

El no pago del canon superficiario en los 10 primeros días de cada anualidad es causal de cancelación y/o caducidad de acuerdo a lo estipulado por el artículo 112 del Código de Minas.

- **Programa de trabajos y obras de explotación – PTO.** Una vez finalizada las labores de exploración, el titular esta obligado a presentar el Programa de Trabajos y Obras - PTO, estos deben estar enmarcados dentro de de los términos del contrato y los Términos de Referencia establecidos por la autoridad minera. El incumplimiento en la entrega de dichos informes, será causal de multa previo requerimiento de acuerdo a lo establecido en la Ley 685 de 2001 en su artículo 115.

- **Viabilidad ambiental.** Es la aprobación por parte de la autoridad ambiental para poder dar inicio a las labores de Construcción y Montaje y/o Explotación de acuerdo a la etapa en el titulo. La autoridad ambiental es la encargada de conceder al interesado la autorización ambiental respectiva para los proyectos mineros, que para el caso de los nuevos contratos concederá la Licencia Ambiental. La revocación de la Licencia Ambiental, será causal de caducidad de acuerdo a lo establecido en el artículo 112 de la Ley 685 de 2001.

Bajo estos parámetros, se asegura que el proyecto a desarrollar tendrá la viabilidad técnica, económica, ambiental y jurídica. Si el concesionario o los concesionarios cumplen con todas las obligaciones anteriores tendrán el derecho de continuar con la etapa de construcción y montaje y/o de explotación en el proyecto.

2.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN GEOLÓGICO MINERO

Actualmente el INGEOMINAS cumple con las funciones de autoridad minera que le fueron asignadas en el Decreto No. 252 del 28 de enero de 2004, realizando la gestión, minera del país a través de tres aplicaciones diferentes e independientes:

1. Sistema de Información de Áreas de Línea (SIAL), donde se gestiona la solicitud de los diferentes títulos, tiene los siguientes módulos:

* Localizador de expedientes

* Expedientes mineros SIAL

* Módulo gráfico de SIAL en ArcInfo

1. Registro Minero Nacional, donde se realiza la inscripción de títulos en el registro minero

2. Manejo de títulos y solicitudes a través de herramienta de consulta gráfica en ArcView

El Catastro Minero Colombiano (en adelante CMC) entra a reemplazar este sistema de información, particularmente el SIAL. La puesta en funcionamiento del CMC implica un trabajo simultáneo de estos dos sistemas de información de gestión minera, mientras se verifica y optimiza el uso de la nueva herramienta.

2.3.1 Catastro Minero Colombiano (CMC). El Catastro Minero Colombiano – CMC, contiene todo lo relacionado con las solicitudes de contratos de concesión, títulos (contratos inscritos en el Registro Minero Nacional), restricciones (parques nacionales, zonas de reserva forestal), potencial geológico, infraestructura (redes de transporte), división política administrativa, estado jurídico de los títulos, entre otros. Este sistema es la herramienta fundamental para soportar la gestión del Servicio Minero Nacional y lograr el objetivo estratégico trazado. Gracias a las

bondades ofrecidas por la tecnología informática y de telecomunicaciones, el CMC permite una gestión minera digital, esto es, la operación y actualización del Catastro Minero en línea; la simulación para el análisis de libertad de áreas; la visualización de expedientes digitalizados desde Internet; un sistema de notificaciones electrónico y un sistema preventivo que informará continuamente, a los diferentes titulares las obligaciones emanadas de su respectivo título minero; la actualización del Formato Básico Minero (FBM) en línea y otras funcionalidades que permitirán la consulta y el cálculo del pago de obligaciones económicas).

Figura 8. Presentación del Catastro Minero Colombiano (CMC).



Fuente: Tomado de <http://www.cmc.gov.co/cmc>

El CMC funciona bajo un esquema de base de datos centralizado, donde múltiples usuarios pueden acceder a consultar su base de datos, información documental y geográfica a través de Internet. En el CMC se utiliza la misma base geográfica; así tanto el INGEOMINAS y sus diferentes grupos de trabajo regionales como las diferentes gobernaciones con delegación de autoridad minera (Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, César y Norte de Santander), contarán con la misma referencia geográfica y con la misma plataforma informática, obteniendo como producto final un Catastro Minero unificado y en línea para los diferentes usuarios, tanto nacionales como internacionales.

2.3.2 Registro Minero Nacional. El Registro Minero es un sistema de inscripción, autenticidad y publicidad de los títulos mineros con el derecho a explorar y explotar el suelo y subsuelo de acuerdo al Código de Minas.

La inscripción del título en el Registro Minero está compuesta por tres partes:

- El Registro,
- La identificación física de las áreas de los títulos, y
- El archivo

Además el proceso de Registro consiste en tres fases:

- La primera Radicación,
- La segunda, calificación, y
- la última, la inscripción.

El Certificado de Registro Minero Nacional es expedido por INGEOMINAS y consta de tres componentes:

- Identificación: contiene el nombre del titular, cédula o NIT, dirección para envío de correspondencia, lugar de localización de la solicitud, mineral o minerales solicitados, código de registro.
- Área del título: descripción de la alinderación, rumbo y distancia.
- Archivo: contiene todas las anotaciones sobre los actos jurídicos y administrativos relacionados con el título.

Con el fin de mantener permanentemente actualizado el Registro Minero Nacional, la Autoridad Minera dispone de dos medios paralelos de información:

- La base cartográfica tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi adaptado al sistema proyección MAGNA-SIRGAS.
- Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite recibir, procesar, almacenar información gráfica georreferenciada y salidas gráficas a criterio del usuario.

La cobertura del Registro Minero Nacional y del CMC delimita las áreas concedidas ó en solicitud ante la Autoridad minera para la actividad del sector y en consecuencia permite identificar las áreas libres para la exploración y explotación de los recursos minerales.

Tabla 10. Especificaciones técnicas con las cuales se conforman los polígonos en la base de datos del sistema de información de gestión minera

- Coordenadas de los puntos de las líneas que constituyen los polígonos que representan los títulos mineros.
- Jurisdicción municipal
- Nombre de los minerales otorgados
- Nombre de los titulares
- Área otorgada

Fuente: *Elaboración propia*

Es interesante considerar dos (2) variables a partir de la cobertura del CMC:

1. Relacionada con la concentración de títulos que de manera indirecta indica el potencial minero de la zona. A mayor concentración, mayor potencial y favorabilidad.
2. Se relaciona con la duración de los trámites para la obtención del título (a mayor período de trámite, menor favorabilidad para la inversión).

2.3.3 Zonas de reserva, excluidas, restringidas y de minorías étnicas para la actividad minera. El actual Código de Minas, en sus artículos 34 y 35 establece respectivamente las áreas del territorio colombiano *excluíbles* de la minería, las cuales corresponden a las zonas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Parques de Carácter Regional y Reservas Forestales, que delimita geográficamente la Autoridad ambiental con base en sus estudios.

Complementariamente, el artículo 37 determina que con excepción de las áreas definidas en los artículos 34 y 35, “ninguna autoridad regional, seccional o local, podrá establecer zonas del territorio que queden permanentemente o transitoriamente excluidas de la minería”. Esta prohibición comprende a los planes de ordenamiento territorial.

El Código de Minas define las áreas en las cuales se *restringe* la actividad minera, por diferentes motivos. El primero se trata de las zonas de reservas especiales, en las cuales existen explotaciones mineras informales. El Gobierno limita temporalmente las nuevas propuestas de minería, con el fin de que las comunidades que hayan ejercido las explotaciones mineras tradicionales realicen estudios geológicos – mineros y posteriormente desarrollen proyectos mineros que sean estratégicos para el país. Adicionalmente, el Código de Minas identifica las áreas de seguridad nacional en las que el Gobierno considera apropiado evitar la explotación por motivos de seguridad. (Ver tabla 11)

Tabla 11. Zonas mineras reservadas, excluidas, restringidas y de minorías étnicas.

Tipo de Zonas		Objetivo	Descripción
Zonas de Seguridad Nacional		El Gobierno Nacional establecerá zonas donde, sólo por razones de seguridad nacional, no podrán presentarse propuestas ni contratos de concesión.	Se mantendrán mientras subsistan las razones que motivaron su creación.

Reservas Especiales	Zonas de explotaciones tradicionales de minería informal	El Estado delimitará zonas donde provisionalmente, no se admitirán nuevas propuestas ni contratos de concesión, y sobre las cuales adelantará estudios geológicos mineros para proyectos mineros especiales y de reconversión.	Proyectos Mineros Especiales: Proyectos mineros comunitarios donde es posible realizar un aprovechamiento minero. Proyectos de Reconversión: Donde no es posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso minero. Acción orientada a la capacitación en nuevas actividades económicas, o complementarias a la actividad minera.
Exclusión	Sistema de Parques Nacionales Naturales	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras	Estas zonas deberán ser delimitadas geográficamente por la autoridad ambiental con la colaboración de la autoridad minera basadas en estudios técnicos, sociales y ambientales.
	Parques Naturales Regionales	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras. Únicamente se podrá adelantar en forma restringida, cuando la autoridad ambiental lo autorice.	
	Zonas de Reserva Forestal	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras. Únicamente se podrá adelantar en forma restringida, cuando la autoridad ambiental lo autorice.	
Tipo de Zonas		Objetivo	Descripción
Restringidas	Dentro del Perímetro urbano	Evitar conflictos y realizar los trabajos mineros respetando las normas existentes	Podrán efectuarse trabajos y obras de exploración y de explotación de minas, con el consentimiento de las autoridades competentes, los dueños de predios o con los permisos respectivos
	Áreas ocupadas por construcciones rurales		
	Zonas de Interés arqueológico, histórico o cultural		
	Playas, zonas de bajamar y trayectos fluviales servidos por empresas públicas de transporte		
	Áreas ocupadas por una obra pública o adscritas a un servicio público		
Mineras ocupadas por comunidades indígenas y negras	Mineras Indígenas Mineras de comunidades negras Mineras Mixtas	Todo explorador o explotador de minas esta en obligación de realizar sus actividades sin que éstas afecten los valores culturales, sociales y económicos de las comunidades y grupos étnicos que ocupan, real y tradicionalmente, el área objeto de concesiones o de títulos de propiedad privada del subsuelo.	La autoridad minera, previa solicitud expresa de la comunidad indígena, señalará y delimitará, con base en estudios técnicos y sociales las zonas mineras indígenas. En estas, la exploración y explotación minera deberá tener en cuenta la participación de las comunidades y grupos asentados en dichos territorios. En los terrenos baldíos adjudicados como de propiedad colectiva de una comunidad negra, la autoridad minera podrá establecer zonas mineras especiales. Los trabajos mineros se ejecutarán respetando y protegiendo los valores que constituyen la identidad cultural y formas tradicionales de la explotación de las comunidades negras. La autoridad minera, dentro de territorios ocupados por comunidades negras e indígenas, establecerá zonas mineras mixtas en beneficio conjunto o compartido de estas minorías, a solicitud de uno o los dos grupos étnicos.

Fuente: Tomado de Guía Minero Ambiental, 2.003

La Autoridad ambiental limita las zonas compatibles con la minería a partir de la expedición de la Ley 99 de 1993, de acuerdo con la cual es tarea de las autoridades ambientales identificar las zonas en las que la actividad minera es aceptable desde el punto de vista del medio ambiente. La reglamentación de esta disposición ha generado conflictos y confusión en el sector minero.

Reglamentar la disposición para ordenar las zonas del territorio compatibles con la minería ha sido complejo. En la Sabana de Bogotá se han utilizado dos criterios de aplicación:

1. Un acercamiento estrictamente medio ambiental, donde se definieron zonas compatibles y se prohibió el desarrollo de la actividad minera de los materiales de construcción dentro de los perímetros urbanos. A las explotaciones ubicadas en zonas incompatibles con la minería se les requirió la formulación de un Plan de Manejo, recuperación o restauración ambiental del terreno.

Un problema que se presentó paulatinamente con el tiempo es que en la identificación de zonas compatibles con la minería, el Ministerio del Medio Ambiente en su momento desconoció la preexistencia de títulos mineros, originando una confusión en el estatus de legalidad de las minas que se encontraban activas en la fecha y varias explotaciones de carácter informal, sin título minero, adquirieron legalidad.

2. La nueva definición de las zonas aptas para la actividad minera parte de los mapas de interés minero realizados por INGEOMINAS, zonas de existencia de material minero para explotar, pero sin tener en cuenta consideraciones ambientales tal que pueda determinarse si dicha zona es apta para la explotación y por tanto pueda considerarse una zona con potencial minero.

Dentro de las restricciones ambientales se tienen: parques nacionales naturales, áreas de conservación de suelos, áreas de reserva hídrica, áreas de reserva marítima y lacustre, áreas de reserva minera, áreas de recursos

turísticos o culturales, reservas forestales, reserva de fauna y flora, comunidades negras, grupos étnicos tradicionales, resguardos indígenas.

Los criterios ambientales para la determinación de las zonas compatibles con la actividad minera de materiales de arrastre, son²²:

- * Aptitud de usos del suelo (suelo I y II)
- * Usos del suelo y cobertura vegetal (vegetación de páramo).
- * Usos del suelo y cobertura vegetal (vegetación de bosques)
- * Hidrología
- * Hidrogeología (cota mayores a 2.650 m.s.n.m.)
- * Fragmentación de ecosistemas

La determinación de zonas compatibles con la minería de los materiales de arrastre es una labor conjugada de las autoridades minera y ambiental, quienes deben basarse en lineamientos claros para la protección del medio ambiente, brindando estabilidad en la normatividad y redefiniendo la tarea de delimitar las zonas no compatibles con la minería y no lo contrario.²³

²² Estos criterios fueron determinados por un estudio realizado por PRODEA (2000). En el caso de la aptitud de uso del suelo, se considera si se trata de una zona de uso urbano para excluirla de la compatibilidad minera.

²³ La preexistencia de títulos en zonas que posteriormente se consideren no aptas para la minería, obliga al Estado a intervenir en la explotación de los recursos naturales y garantizar el ambiente sano, a favor de la preservación del medio ambiente, bajo el argumento que ésta debe primar sobre los derechos adquiridos (Sentencia de la Corte Constitucional, 1996).

3. MODELO DE REFERENCIA PARA EL ESTUDIO GEOLÓGICO DE UN PROYECTO MINERO DE MATERIALES DE ARRASTRE

El Programa de Trabajos y Obras (PTO) debe suministrar la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir y desarrollar un proyecto minero, contemplando lo establecido en el artículo 84 del Código de Minas. Con base en la información contenida en el Programa de Trabajos y Obras de Explotación (que contiene el LTE – Los Trabajos de Exploración), la Autoridad Minera evalúa los estudios técnicos y autoriza la continuación de trabajos para las Etapas de Construcción y Montaje y/o Explotación.

Para precisar el alcance de este estudio, se debe ajustar a las modificaciones del tipo de minería y mineral, en este caso material de arrastre (por ley considerado material de construcción). Las etapas que se llevan a cabo para la extracción de este recurso mineral inician con la prospección, en donde se localiza el depósito que puede abastecer al mercado a un precio competitivo. Es en la etapa de Exploración donde se logra la aceptación del proyecto minero por la comunidad que lo rodea; garantizando así el derecho de propiedad minera, pilar básico del desarrollo sustentable; además cada una de las fases y/o etapas debe contar con la asesoría profesional, estos aspectos redundan en soporte para la viabilidad técnica, económica y ambiental a mediano (5 - 15 años) y largo plazo (mayor a 15 años).

3.1 ASPECTOS GENERALES

El conocimiento actual de los sistemas aluviales no es suficiente para permitir la predicción de las respuestas en forma cuantitativa y con confianza de la actividad minera, por tanto los estados de referencia son difíciles de determinar. Sin embargo las decisiones de dónde extraer, cuánto y cuán seguido requieren de una

definición del estado de referencia, es decir una condición mínima aceptable mediante un diagnóstico de la condición física y biológica del cauce aluvial.

Los Términos de Referencia para Los Trabajos de Exploración y el Programa de Trabajos y Obras sugieren que dichos estudios deben contener los siguientes elementos y documentos:

- Delimitación del área
- Mapa topográfico
- Detallada información cartográfica de la zona
- Ensayos físicos y químicos de los agregados pétreos

Adicionalmente en el caso de los materiales de arrastre, se deberá realizar un estudio de la dinámica fluvial del cauce, las características hidrológicas y sedimentológicas del mismo.

Respecto al manejo ambiental de las actividades de exploración, por las condiciones ambientales y geológicas de los depósitos del material de arrastre, la normatividad ambiental actual (Decreto 1220 de 2005) no exige un estudio ambiental específico, pero se deben tener en cuenta las siguientes medidas de prevención y mitigación de posibles impactos ambientales durante esta etapa, realizando las actividades que causen el menor impacto, esas son:²³²⁴

- Avisar e ilustrar a los propietarios de predios sobre las actividades a llevar a cabo. Obtener su permiso para las actividades de recorrido del área, toma de muestras y levantamientos geológicos, con el fin de evitar generación de expectativas o incomodidad por parte de la población.

²⁴ Las sugerencias y recomendaciones del manejo ambiental fueron brindadas muy amablemente por funcionarios de la Corporación Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB)

- No intervenir el cauce de la corriente hídrica, ni utilizar maquinaria pesada para la extracción de muestras, ya que de acuerdo a la conformación geológica de este tipo de depósitos, es posible realizarlo mediante calicatas o apiques abiertos con herramientas manuales.
- Las Guías Minero Ambientales son la mejor referencia de la normatividad relacionada y es un documento fruto del esfuerzo conjunto entre la Autoridad Minera y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA

Teniendo en cuenta el potencial geológico – minero presente en el área del título, se deberá localizar y delimitar la que se requiera para ser contratada contando con la correspondiente justificación técnica a fin de considerar el área necesaria para las siguientes etapas.²⁵²⁴ Es importante considerar la concesión en áreas de corrientes de agua (revisar capítulo anterior), ya que su extensión superficial se limita a las 5.000 Ha. Se adelantará el planeamiento minero en aquellas áreas del yacimiento o depósito que presenten bloques susceptibles de explotación y con suficientes reservas para proyectar el desarrollo del proyecto en etapas en el corto, mediano y largo plazo, estableciendo estados del proyecto cada cinco (05) años, con niveles de producción anual acorde con las condiciones del mercado, con incremento gradual en los primeros años y una producción sostenible en el largo plazo. El planeamiento minero deberá prever los posibles parámetros que puedan variar en la vida del proyecto, de tal manera que permita el aumento o disminución de la producción de acuerdo con la proyección de la oferta y demanda de mineral en el mercado nacional e internacional y eventos de contingencia.

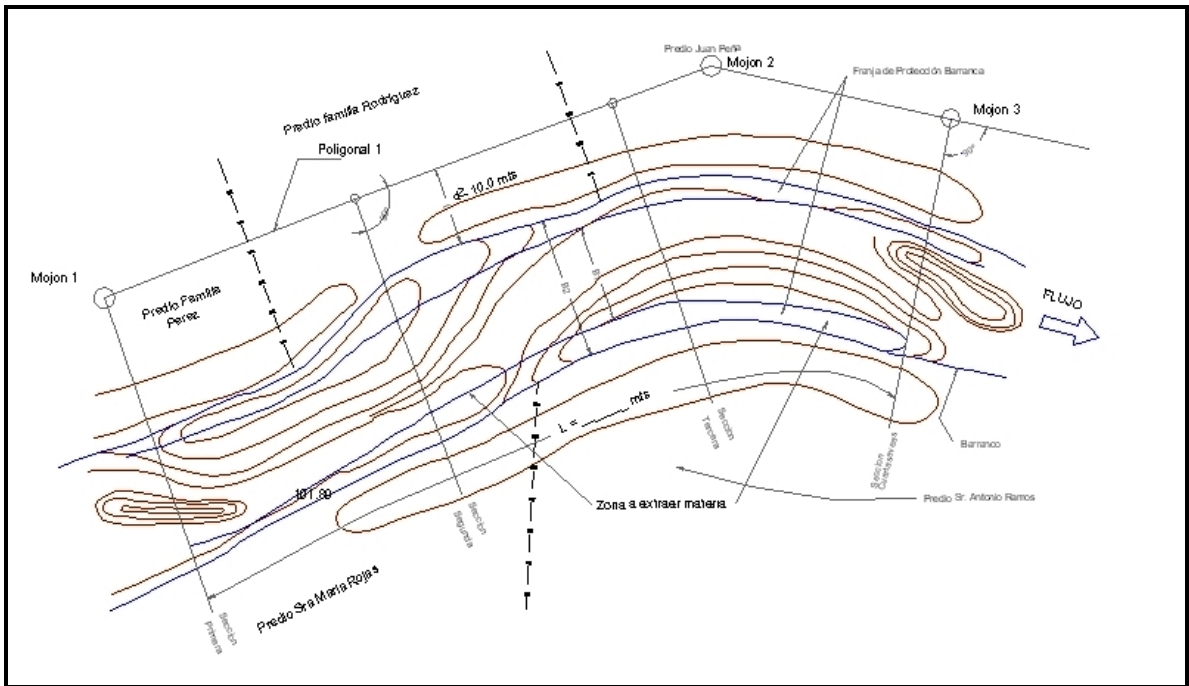
²⁵ Según la definición que establecen los artículos 10 y 95 a 100 del Código de Minas vigente.

3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Esta fase del trabajo es fundamental para contar con una base topográfica y batimétrica de la zona. El levantamiento topográfico debe cumplir con las siguientes condiciones:

- * Una poligonal externa y paralela al cauce del río, definida mínimo con tres mojones, como se indica en la figura 1. Esta poligonal debe quedar abscisada y abarcar el sector a explotar, más 50 metros tanto aguas arriba como aguas debajo de éste.
- * Los mojones tendrán definida la elevación, la cual deberá estar amarrada al sistema de elevaciones IGAC. Será de concreto con cabeza metálica y podrán tener forma cilíndrica o prismática.
- * Cada mojón deberá tener mínimo tres referencias para que en cualquier momento se pueda hacer su replanteo. Adicionalmente cada mojón debe quedar ubicado por fuera del área de la dinámica del río, con el fin de asegurar su permanencia.
- * Esta poligonal debe presentarse en una planta a escala 1:5000, 1:1000 o 1:2000 según más convenga, indicando las secciones transversales y en la medida de las posibilidades, los depósitos aluviales, el cauce, las playas, barras o islas existentes en el lecho y las franjas o zonas de explotación.
- * Secciones transversales del río espaciadas de acuerdo con la configuración local del cauce (escalas vertical y horizontal 1:200), referenciadas respecto al abscisado de la poligonal. El cero de cada sección debe ser el punto de intersección con la poligonal. En cada sector de explotación deben levantarse las secciones que sean necesarias para determinar las reservas ambientalmente explotables del río. (Ver figura 9)

Figura 9. Trazo de la poligonal y de las secciones transversales en el cauce de la corriente hídrica.



Fuente: Modificado de los Términos de Referencia de LTE y PTO, 2006.

* Preferiblemente las secciones deben ser perpendiculares a la dirección de flujo de la corriente, es decir, en tramos rectos las secciones serán perpendiculares al cauce y en tramos curvos, las secciones serán de forma radial, definiendo el ángulo con la poligonal. Según el tipo de cauce, las secciones deben incluir el cauce normal más entre 20 y 50 metros a lado y lado de los barrancos.

El objetivo es buscar el aprovechamiento racional del yacimiento o depósito, permitiendo la máxima recuperación de reservas, de tal forma que el proyecto sea técnico, económico, social y ambientalmente viable y sostenible durante su vida útil.

3.4 HIDROGRAFÍA

A partir de la información de caudales máximos, mínimos, medios y diarios existentes en la estación de aforo más cercana, se deben efectuar los siguientes análisis:

- Determinar los caudales máximos del río en la estación en cuestión para frecuencias de 1:2, 1:5, 1:10, 1:25 y 1:50.
- Elaborar la curva de duración de caudales y determinar que porcentaje de tiempo los caudales diarios se encuentran por encima o por debajo del caudal medio.
- En las áreas de estudio, transitar estos caudales máximos, con base en las secciones transversales de los levantamientos topográficos y determinar cuales de ellos superan la capacidad del cauce normal.

Con base en el anterior análisis se debe establecer con que caudales y donde se desborda el río, así como en cuáles épocas del año éste puede transportar materiales de arrastre; esto con el objeto de elaborar el posterior diseño y planeamiento de las labores mineras.

3.4.1 Determinación de los caudales máximos del río para frecuencias de 1:2, 1:5, 1:10, 1:25 y 1:50

Para la modelación de caudales máximos se utilizan, entre otras, las distribuciones Log-Normal, Log-Pearson, Gumbel y Log-Gumbel, principalmente. Para seleccionar la distribución de probabilidades de la serie histórica se deben tener en cuenta algunas consideraciones:

- Las distribuciones de dos parámetros fijan el valor del coeficiente de asimetría, lo que en algunos casos puede no ser recomendable. La distribución Log-Normal de dos parámetros sólo es recomendable sí el coeficiente de

asimetría es cercano a cero. Las distribuciones Gumbel y Log-Gumbel son recomendables si el coeficiente de asimetría de los eventos registrados es cercano a 1,3; (Mejía, 2.006).

- Para ajustar distribuciones de tres parámetros (Log Normal III, Log Pearson) se requiere estimar el coeficiente de asimetría de la distribución; para ello es necesario disponer de una serie con longitud de registros larga, igual o mayor de 25 años. Las distribuciones de dos parámetros son usualmente preferidas cuando se dispone de pocos datos, porque reducen la varianza de la muestra, (Ashkar en Mejía, 2006).
- Para seleccionar la distribución de probabilidades adecuada se debe tratar de utilizar información adicional del proceso hidrológico que permita identificar la forma en que se distribuye la variable. Usualmente es muy difícil determinar las propiedades físicas de los procesos hidrológicos para identificar el tipo de distribución de probabilidad que es aplicable.
- Aunque no existe consistencia sobre cual es la distribución que mejor se ajusta a los caudales máximos, se recomienda seleccionar el mejor ajuste a criterio del modelador con la prueba de ajuste gráfico.

Las agencias del Gobierno Federal Americano, por recomendación del U.S. Water Resources Council, deben realizar para el análisis de flujos picos de crecientes mediante el empleo de la distribución Log-Pearson tipo III. Con los datos de caudales máximos anuales y mediante la distribución de Log-Pearson tipo III, es posible calcular el período de retorno (T_r) para 2, 5, 10, 25 y 50 años, (Aramburo, 1991).

Metodología

Para la realización del análisis de frecuencia, se utilizó la Distribución de Log Pearson Tipo III. La información de los valores anuales máximos de caudales, es recogida en el SINA, por medio de las estaciones del IDEAM en todo el país. Se

procede a analizar los valores de caudales máximos del río para un período de 25 años, recogidos en la Estación IDEAM más cercana. Esta información cubre el período de 1960 al 2003. (Ver Tablas 13).

Tabla 12. Datos generales de una Estación IDEAM para datos de caudales máximos.

Río: Sogamoso
Municipio: Betulia
Departamento: Santander
Tipo de Estación: Limnigráfica
Estación: 2406703 – Pte. La Paz
Latitud: 07 06 N
Longitud: 73 25 W
Elevación: 239 m.s.n.m.

Fuente: SINA – IDEAM, 2006

La hoja de cálculo (desarrollada en EXCEL 2002) utilizada para el desarrollo estadístico calcula y grafica una Distribución de Log Pearson Tipo III, de acuerdo a lo descrito en el Boletín 17B – Frecuencia del Flujo de Inundación, del Consejo del Recurso Hídrico de Estados Unidos (NRCS), diseñado por Steve Yochum, hidrólogo NRCS. Esta aplicación permite resolver el problema directamente, cuando se ingresan los valores de caudales máximos con su fecha respectiva y determina el caudal correspondiente a un período de retorno determinado, con base en la distribución de Log-Pearson Tipo III. Para su uso en este trabajo, se modificaron algunas condiciones de la tabla para hacer efectivo su uso en las condiciones locales. Para la elaboración del algoritmo se siguió el procedimiento

Tabla 13. Valores de caudales máximos anuales durante un período de 25 años, tomados en el cauce del Río Sogamoso

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL MÁXIMO
1960	1109	1172	530	1800	2740	1720	1000	1050	870	2350	1760	749	2740
1961	740	389	870	1820	890	957	890	445	770	1520	2460	980	2460
1962	540	300	1000	1410	1960	1410	920	740	820	1770	2420	500	2420
1963	540	260	1090	1800	2410	1040	793	960	560	1560	2560	420	2560
1964	270	900	440	1438	1750	1920	970	1187	1031	1283	1874	433	1920
1972	1558	697	827	1861	2042	1422	709	703	757	1030	1181	697	2042
1973	192	95	320	860	1216	769	679	1422	1800	1361	2406	1334	2406
1974	955	1286	1861	1300	2132	1095	673	613	1714	2034	2298	918	2298
1975	200	355	735	1032	1770	830	1212	1042	923	2938	2620	1458	2938
1976	428	567	1073	1260	1670	1300	797	509	493	1110	1428	423	1670
1977	264	232	660	660	875	1475	950	1240	1275	1310	3020	481	3020
1978	370	198	875	2500	2100	2350	1354	905	1053	2000	1420	1123	2500
1979	306	648	674	3120	1815	2050	660	1025	1365	2732	2765	1123	3120
1980	370	800	359	695	695	1123	630	730	568	1730	2550	800	2550
1981	630	1310	741	2250	2810	3005	1365	1045	1045	2310	1265	597	3005
1982	910	808	998	2349	2142	1279	590	565	745	2256	895	895	2349
1983	520	382	440	1255	1683	1488	615	661	630	1371	940	719	1683
1984	590	620	858	1371	1630	1163	1163	808	1433	1780	1608	851	1780
1985	376	291	795	1385	1538	960	1012	600	1073	1628	1364	1238	1628
1986	548	555	880	1620	1726	1006	944	431	1176	1900	1707	633	1900
1987	578	1087	626	1284	3205	835	1696	1628	1266	2750	2200	1134	3205
1989	1311	833	1433	814	1350	772	530	700	1775	1230	1060	1255	1775
1990	404	719	655	1692	1989	777	576	548	576	1572	1724	1454	1989
1991	335	261	770	837	2326	777	721	756	1027	893	1525	580	2326
1992	322	289	372	594	1275	1220	502	671	566	1050	1525	893	1525
1993	798	413	746	1392	2332	1086	674	536	1234	1624	1299	1013	2332
1994	482	674	1487	2094	2094	961	775	663	1471	1536	2805	1099	2805
1995	186	330	1046	1574	1441	1450	738	1424	1337	2458	2361	1055	2458
1996	534	539	1593	1311	1705	1640	1328	846	664	2243	2029	1145	2243
1997	548	870	745	1724	1881	1838	656	409	1251	885	1658	1122	1881
1998	205	2760	814	1398	1845	1398	825	939	1073	1720	1658	1480	2760
2000	525	1035	1113	1257	1176	2261	1306	693	1803	1619	1762	635	2261
2001	352	387	653	796	1539	1131	565	438	779	1500	1579	873	1579
2002	252	237	1316	1257	1480	1239	555	471	756	2560	897	1275	2560
2003	144	330	785	1629	1095	1937	562	773	1020	1803	2151	1429	2151

Fuente: SINA – IDEAM, 2006

Propuestos por Schulz, 1976; así:

- Ordenar los datos de la tabla 13, de acuerdo a los momentos (rango de los valores en la serie dada)
- Ajuste de distribuciones.

Se verificó en la serie histórica, la presencia de “outliers” (valores extremos, muy superiores a los demás registrados) y se realizó el respectivo ajuste. Mediante la tabla de “outliers” de K, se calcula el coeficiente de sesgo.

- Calcular el coeficiente de asimetría ($g_{\text{Log}Q}$), desvío ($S_{\text{Log}Q}$) y media ($\overline{\text{Log}Q}$) para la serie de datos

Para la determinación analítica – gráfica propuesta por el método de Log Pearson tipo III se deben transformar los valores de la serie dada a sus logaritmos decimales, obteniéndose luego los siguientes parámetros:

Media:	$\overline{\text{Log}Q} = \frac{\sum \text{Log}Q_i}{N}$
Desvío:	$S_{\text{Log}Q} = \frac{N \sum (\text{Log}Q_i - \overline{\text{Log}Q})^3}{(N-1)(N-2)(S_{\text{Log}Q})^3}$
Coeficiente de Asimetría:	$g_{\text{Log}Q} = \frac{N \sum (\text{Log}Q_i - \overline{\text{Log}Q})^3}{(N-1)(N-2)(S_{\text{Log}Q})^3}$

Tabla 14. Tabulación de valores preliminares

m	Qi	Log Qi	(Log Qi - $\overline{\text{Log}Q}$) ²	(Log Qi - $\overline{\text{Log}Q}$) ³
$\sum \text{Log} Q_i = \quad \sum (\text{Log} Q_i - \overline{Q})^2 = \quad \sum (\text{Log} Q_i - \overline{Q})^3 =$				

Fuente: Modificado de Schulz, 1976.

- Utilizar la tabla de factor de frecuencia, calcular los caudales máximos para los intervalos de recurrencia dados en la tabla.

Estos tres (3) parámetros caracterizan a la serie de caudales máximas, según el criterio estadístico de Log Pearson Tipo III, pudiendo obtenerse la magnitud de los caudales pedidos aplicando la función generalizada de frecuencia adaptada al método:

$$\text{Log}Q_{Tr} = \overline{\text{Log}Q} + (K_{Tr} * S_{\text{Log}Q})$$

Donde k se halla tabulado como función del tiempo de retorno (o de la probabilidad) y del coeficiente de asimetría g. (ver Tabla 15)

Tabla 15. Valores de K.

Coeficiente de asimetría	Período de retorno, años							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Nivel de probabilidad, porcentaje							
	99	80	50	20	10	4	2	
3,0	- 0,667	- 0,636	- 0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	- 0,714	- 0,666	- 0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	- 0,769	- 0,696	- 0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889
2,4	- 0,832	- 0,725	- 0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	- 0,905	- 0,752	- 0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	- 0,990	- 0,777	- 0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	- 1,087	- 0,799	- 0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	- 1,197	- 0,817	- 0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	- 1,318	- 0,832	- 0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	- 1,449	- 0,844	- 0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	- 1,588	- 0,852	- 0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	- 1,733	- 0,856	- 0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	- 1,880	- 0,857	- 0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	- 2,029	- 0,855	- 0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	- 2,178	- 0,850	- 0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0	- 2,326	- 0,842	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
- 0,2	- 2,472	- 0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
- 0,4	- 2,615	- 0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
- 0,6	- 2,755	- 0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
- 0,8	- 2,891	- 0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
- 1,0	- 3,022	- 0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
- 1,2	- 3,149	- 0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
- 1,4	- 3,271	- 0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318

Coeficiente de asimetría	Período de retorno, años							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Nivel de probabilidad, porcentaje							
- 1,8	- 3,499	- 0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
- 2,0	- 3,605	- 0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
- 2,2	- 3,705	- 0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
- 2,4	- 3,800	- 0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
- 2,6	- 3,889	- 0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
- 2,8	- 3,973	- 0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
- 3,0	- 4,051	- 0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Fuente: Tomado de Schulz, 1976.

- Graficar los valores calculados en la hoja de probabilidad Log

Tabla 16. Tabla de caudales calculados para intervalos de tiempo de retorno.

$g_{\text{Log}Q} =$ _____; $S_{\text{Log}Q} =$ _____; $\overline{\text{Log}Q} =$ _____

Tr (años)	P_{Tr} (%)	K_{Tr} (3)	$K_{Tr} * S_{\text{Log}Q}$	Log Q_{Tr} (4)	Q_{Tr} (5)
1,0101	99				
2	50				
5	20				
10	10				
25	4				
50	2				
100	1				

(3) De la Tabla de K, con base en el coeficiente de asimetría, (4) $\text{Log}Q_{Tr} = \text{Log}Q + (K_{Tr} * S_{\text{Log}Q})$, (5) $Q_{Tr} = \text{antiLog } Q_{Tr}$ Fuente: Modificado de Schulz, 1976.

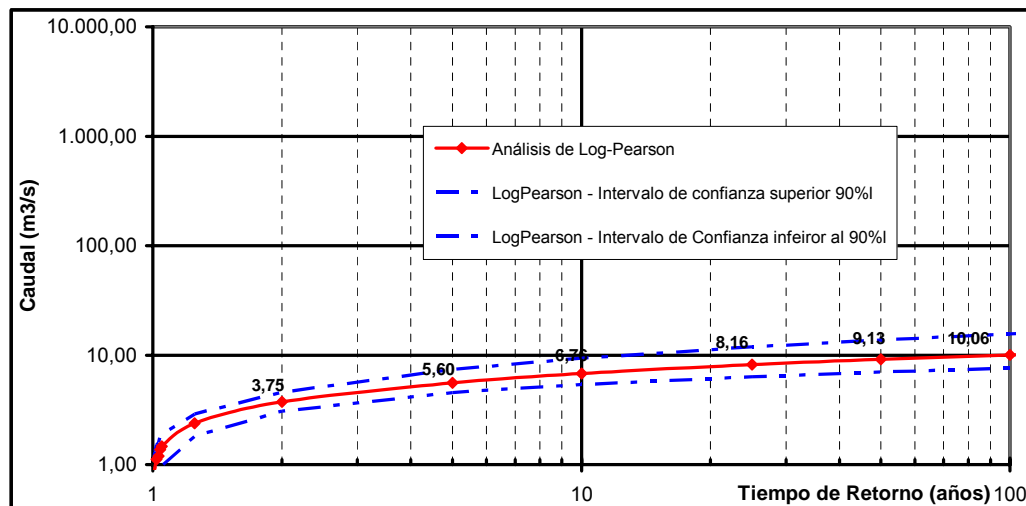
Se grafica en un papel de escala logarítmica normal, relacionando Q_{Tr} versus P_{Tr} (%) en figura 10. Una línea dibujada a través de los puntos graficados es usualmente ligeramente curva. De esta forma se consigue el ajuste gráfico, representando los pares de valores Q (m³/s) – Prob (%), obtenidos de la siguiente manera: para cada valor máximo de la serie, se calcula su respectivo factor k.

$$K_{Tr} = \frac{\text{Log}Q_{\text{Max}} - \overline{\text{Log}Q}}{S_{\text{Log}Q}}$$

Con este valor de k, se ingresa en la tabla no. 15 por la fila correspondiente al coeficiente de asimetría de la serie (o interpolando) y por interpolación simple se obtiene su probabilidad (en %). Recordando el concepto de que la probabilidad de ocurrencia de un valor mayor o igual a uno dado es el valor recíproco del Tiempo de Retorno (Tr), tendremos: $P(Q) = \frac{1}{T_r}$. De los N valores de la serie debe hacerse el cálculo señalado y la representación gráfica para N/2 valores por lo menos que cubran todo el rango de la variable. Una vez graficados, se aproxima una línea continua que los una, pudiendo resultar una curva o será una recta en el caso de que sea nulo el valor del coeficiente de asimetría lo que significa que la distribución de frecuencia es simétrica para la serie estudiada.

Observación: Será considerado nulo el valor de “g” cuando esté comprendido entre -0,05 y + 0,05, acordando que “g” se obtendrá con una aproximación a 2 decimales.

Figura 10. Análisis de Log Pearson Tipo III para el cálculo de caudales máximo en diferentes tiempos de retorno. (Tr)



Fuente: *Elaboración propia.*

En términos generales, se ha desarrollado un análisis de probabilidad de las descargas de avenida para las zonas de explotación del cauce, con tiempos de retorno de 2 a 50 años.

Tabla 17. Visualización de resultados de los caudales máximos en diferentes tiempos de retorno.

Periodo de Retorno (años)	Caudal Máximo (m³/s)
2	3,75
5	5,60
10	6,75
25	8,16
50	9,12
100	10,06

Fuente: *Elaboración propia.*

Con estos datos se pretende conocer el comportamiento de la corriente en épocas de eventos extraordinarios, es decir para diversos períodos de retorno (Tr). (Ver tabla 17)

2.4.2 Curva de duración de caudales

La curva de duración resulta del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios en el sitio de de captación para un proyecto hidrológico. Se estima que si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales.

Como se observa en la figura 11, la escala vertical de la curva de duración representa caudales medios (mensuales, para este caso) y la escala horizontal las probabilidades de que dichos caudales puedan ser igualados o excedidos.

Metodología

Se siguió el método propuesto por Hazen (1903):

$$F(x) = 1 - P(X \geq x_i)$$

Donde:

$$P(X \geq x_i) = \frac{2 * n - 1}{2 * n}$$

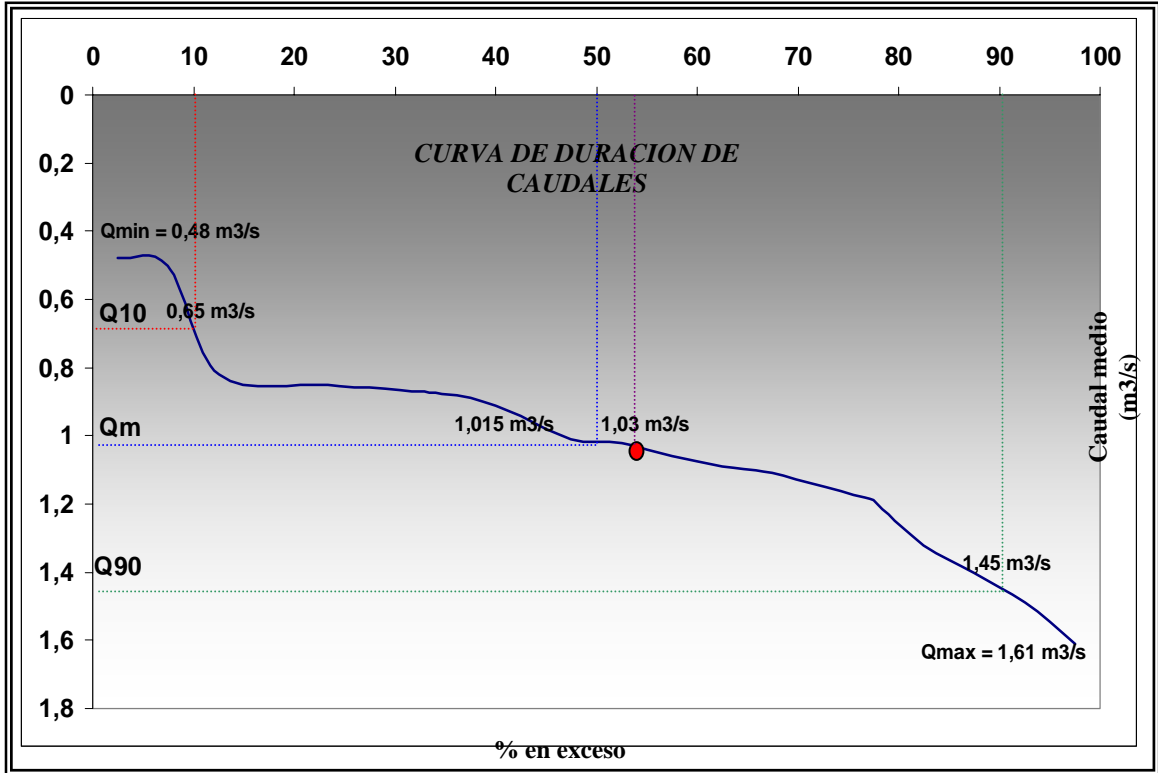
Esta fórmula da la probabilidad de que un valor X supere al valor x_i , siendo N el número total de valores que van a ser graficados y n la posición de un valor en una tabla ordenada por magnitud descendente.

Tabla 18. Visualización de resultados de la curva de duración de caudales.

TIEMPO	CAUDAL (m3/s)
Qmin = 2,5 %	0,48
Qmed = 53%	1,03
Qmax = 97,5 %	1,61

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 11. Curva de duración de caudales medios para la cuenca del Río Frío.



Fuente: *Elaboración propia.*

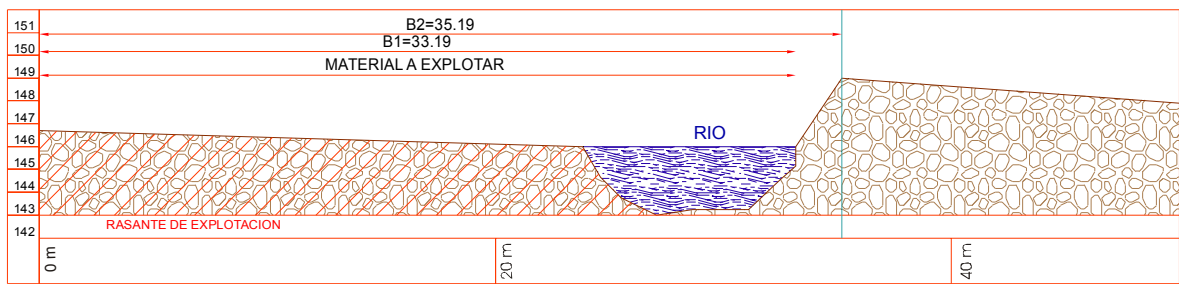
2.4.3 Tránsito de avenidas y descarga de material de arrastre

El tránsito de avenidas también conocido como la laminación de avenidas o flood routing (en inglés) es un análisis para seguir el caudal a través de un sistema hidrológico y participa imprescindiblemente en el diseño de los métodos de explotación para el planeamiento minero. Cuando se producen las avenidas, las aguas se salen de su cauce, depositándose la carga como un manto por toda la llanura de inundación. Los materiales más gruesos se depositan cerca del cauce, formando una especie de diques de contención por detrás de los cuales se encuentran zonas pantanosas en las que se depositan las fracciones finas de la

carga. Las sucesivas avenidas conducen a la formación de depósitos aluviales de considerable espesor.

El modelo fue realizado con secciones transversales cada 100 m, determinando parámetros como velocidad media de flujo y profundidad del canal. Ponce et al. (1989) recomienda el uso de un Modelo Digital del Terreno para determinar el ancho medio del cauce en el tramo de estudio. Se especifican secciones transversales trapezoidales con anchos definidos y pendientes laterales 2:1 u otra medida, según corresponda.

Figura 12. Sección transversal de la zona de explotación del cauce.



Fuente: *Elaboración propia.*

Las estimaciones del cálculo de reservas de los depósitos de material de arrastre en la zona; se asume de la siguiente forma:

- * Aguas arriba del tramo, se desarrolla una curva de aforos de transporte de sedimentos aplicando el método de Colby (1964). Este método relaciona velocidad media de flujo, tamaño de grano medio, profundidad del canal, temperatura del agua y concentración de carga lavada o transportada, (Ponce, 1989).
- * Aguas abajo del punto inicial del tramo, se modela con un software hidrológico de preferencia HEC-RAS, estándar del U.S. Army Corps of Engineers. Los resultados de los cálculos del tránsito de sedimentos se muestran en la tabla 19.

Este modelo presenta cierto nivel de incertidumbre, por ello se considera apropiado multiplicar la cantidad resultante del volumen depositado por un factor de seguridad. De acuerdo al análisis hidrográfico y tomando en consideración el comportamiento de las precipitaciones, generalmente bimodal, se puede plantear una aproximación a las épocas de transporte de materiales de arrastre y la cuantificación de reservas de los depósitos.

Tabla 19. Deposición de arenas en una corriente hídrica (Arroyo El Barbón)

Horizonte de tiempo (años)	Volumen depositado (m ³)
2	34,000
5	180,000
10	363,000
25	913,000
50	1,830,000

Fuente: Modificado de Ponce, 1989.

3.5 CARTOGRAFÍA DE LA ZONA

Se debe tener la ubicación topográfica (coordenadas X, Y y Z), de todos los puntos de control geológico del yacimiento presente en el área, así como los niveles guías estratigráficos y de los principales accidentes estructurales.

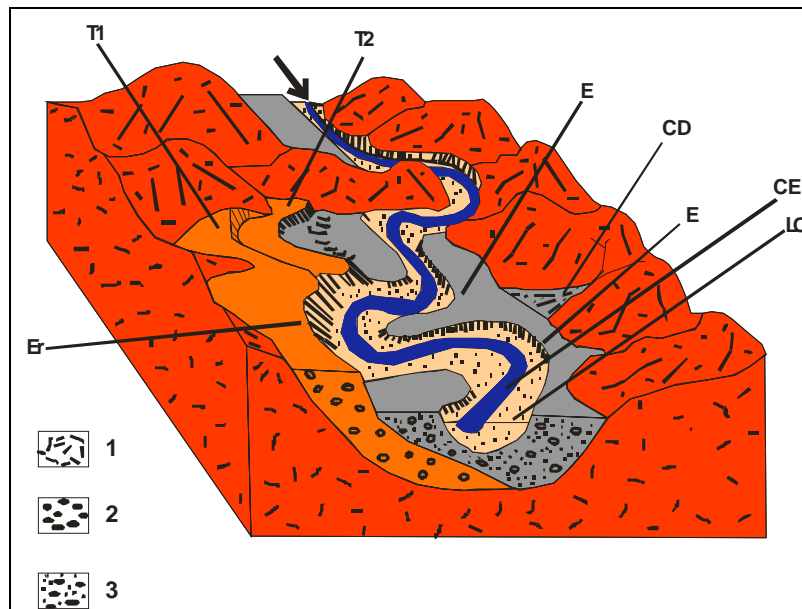
En el sector se deben adelantar las siguientes tareas:

- Descripción de la morfología histórica comparativa para cada sector del cauce donde se den las condiciones para explotación, con base en fotos aéreas y/o cartografía de diferentes años.

- Cartografía de las unidades litológicas del cauce y sectores aledaños (depósitos aluviales – actuales – recientes – terrazas – barras – playas), sobre la planta topográfica y secciones transversales; esta topografía se levanta de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas anteriormente. Se identificarán los controles litológicos del cauce y se describirá su relación con la estabilidad del mismo, (Schumm, 1977).

Los depósitos de materiales de arrastre se dan como resultado de procesos fluviales y son considerados depósitos sedimentarios de material inconsolidado, con partículas de granulometría de gravas y arenas (tamaño mayor a 0,075 mm), con bordes suaves y redondeados resultado de la fragmentación de rocas y partículas minerales. Básicamente son el resultado del proceso de desintegración de las rocas del basamento, posteriormente al transporte, abrasión y sedimentación de los materiales meteorizados. El agua es el agente principal que afecta la distribución de este tipo de depósito, (Rodríguez, 1987).

Figura 13. Bloque diagrama de un valle fluvial



Fuente: Modificado de Schumm, 1977.

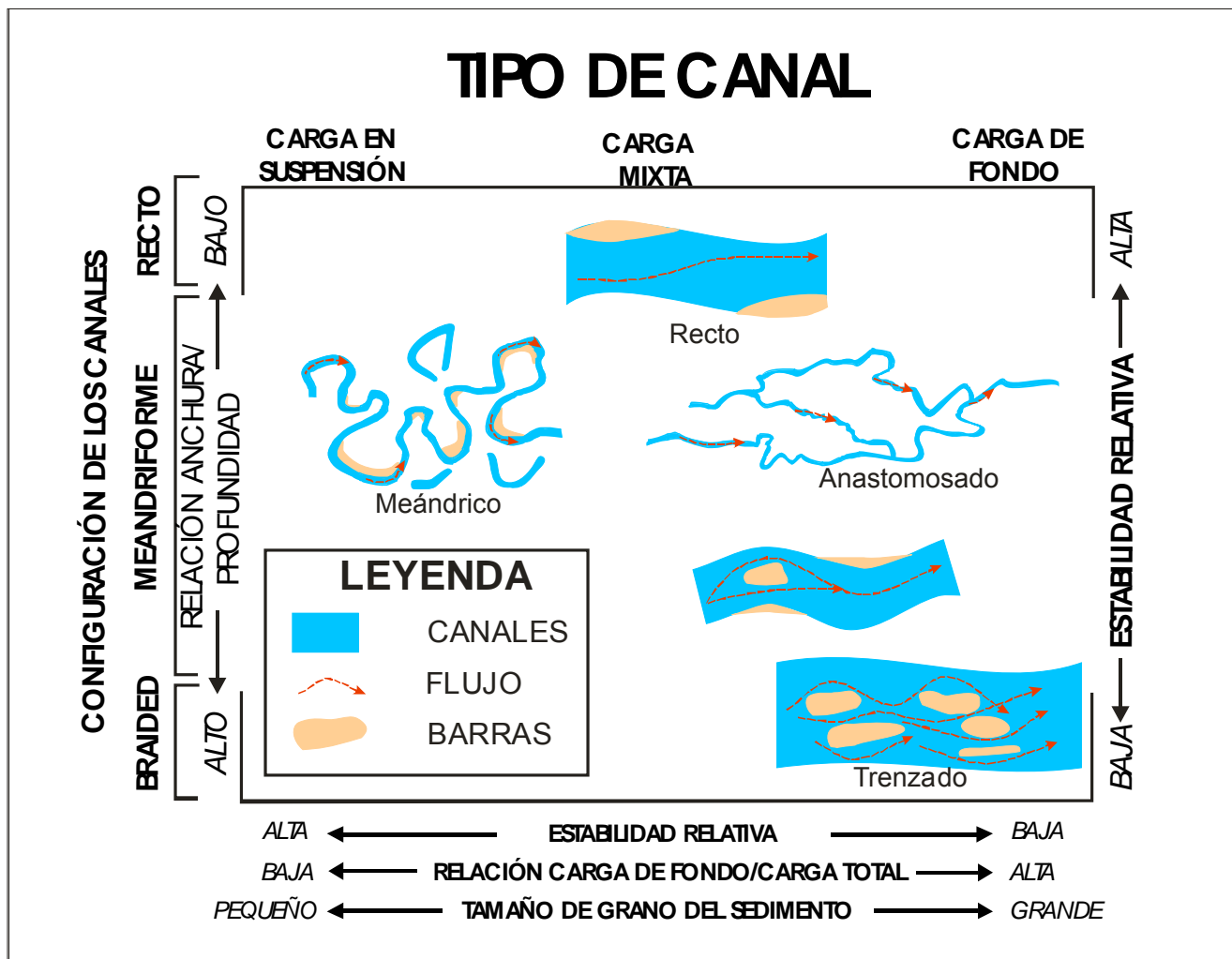
Un típico valle fluvial (ver figura 13), las litologías indicada como 1 corresponden a roca ígnea resistente, el material 2 es depósito aluvional antiguo con cierto grado de cementación, el material 3 es depósito aluvional reciente sin cementación. Las abreviaturas corresponden a CE = Canal de estiaje, LO = Lecho ordinario, CD = Cono de deyección, T1-T2 = Terrazas aluviales (T1 más antigua que T2). En cuanto a la erosión, E = Erosión sobre lecho reciente, muy inestable a causa del tipo de material geológico que lo compone; Er = Erosión menor debido a la naturaleza geológica de la margen.

Según Villota (1990) se distinguen tres (03) tipos de ambientes formadores de grava y arena:

- (a) ABÁNICOS ALUVIALES. Depósitos que presentan normalmente una cohesión elevada y un contenido de materiales finos alto. En sus canales se encuentran depósitos residuales de arenas e incluso gravas. Depósitos fundamentalmente utilizables para préstamo y relleno.
- (b) DEPÓSITOS DE RÍOS TRENZADOS. Presenta unas características típicas de un curso continuo de agua con pendientes moderadas, con un lecho de inundación recorrido alternativamente por un complejo sistema de canales fluviales, lo que da lugar a amplios depósitos de arenas y gravas con escasa presencia de finos. La madurez litológica de las partículas es elevada, presentándose las litologías más estables; así mismo presentan índices de redondez altos. En términos generales, el volumen de estos depósitos es alto.
- (c) DEPÓSITOS DE RÍOS MEANDRÍFORMES. Este tipo de sistemas fluviales pueden presentar una evolución del sistema fluvial anterior, en el que predominan las formas sinuosas del cauce, vista en planta, como amplias y limosas llanuras de inundación. Puntualmente se desarrollan barras arenosas que constituyen buenas acumulaciones para áridos de tipo arena.

- Cartografía de estructuras geológicas que puedan estar afectando o controlando de alguna manera el cauce, sobre la planta topográfica y secciones transversales levantadas de acuerdo a lo descrito anteriormente, (Vergara, 1978).
- Clasificación del tipo de cauce y determinación del grado de estabilidad para cada sector de explotación, utilizando preferiblemente la clasificación de Stanley Schumm, que relaciona la configuración de los canales fluviales con el tipo de carga transportada por la corriente hídrica.

Figura 14. Clasificación de canales fluviales basada en el tipo de carga.



Fuente: *Modificada de Schumm, 1977.*

- Apertura de por lo menos tres apiques en el sector de explotación, a una profundidad mínima de 3 metros o hasta encontrar un sustrato no explotable. Estratigrafía para cada uno de ellos (composición, granulometría, grado de redondez, esfericidad) y plasmar esta información en cada una de las secciones transversales. Estos apiques deberán quedar claramente ubicados en la planta topográfica y secciones transversales, (Langer & Knepper, 1995).

Los pétreos son difíciles de interpretar y a veces no pueden ser distinguidos de las areniscas. La terminología usada para describir las siguientes facies se

encuentran en la tabla 20. Un importante parámetro para gravas y conglomerados es la relación entre el armazón (clastos >2 mm de diámetro) y la matriz arenosa lodosa.

Las gravas clasto soportadas (Gm) resultan de la depositación de gravas en capas por un flujo energético acuoso que lleva arenas en suspensión. Como la velocidad del flujo decrece, la arena se infiltra entre los espacios de las partículas.

Tabla 20. Facies típicas de depósitos de abanicos y planicies trenzadas.

Facies Mayores	
Gm	Gravas clasto soportadas, imbricadas con estratificación subhorizontal.
Gms	Gravas con matriz lodo soportada, no imbricadas y estratificación interna.
Gt	Gravas clastos soportadas, con estratificación cruzada.
Gp	Gravas clasto soportadas con estratificación cruzada planar.
Facies Menores	
Sh	Arenas con estratificación horizontal
St	Arena con estratificación cruzada.
Sp	Arenas con estratificación cruzada planar.
Fm	Arena muy fina, limos o lodo de ocurrencia masiva.
Fl	Arena muy fina, limos o lodo con laminación cruzada.
P	Concreciones de carbonatos pedogénicos.

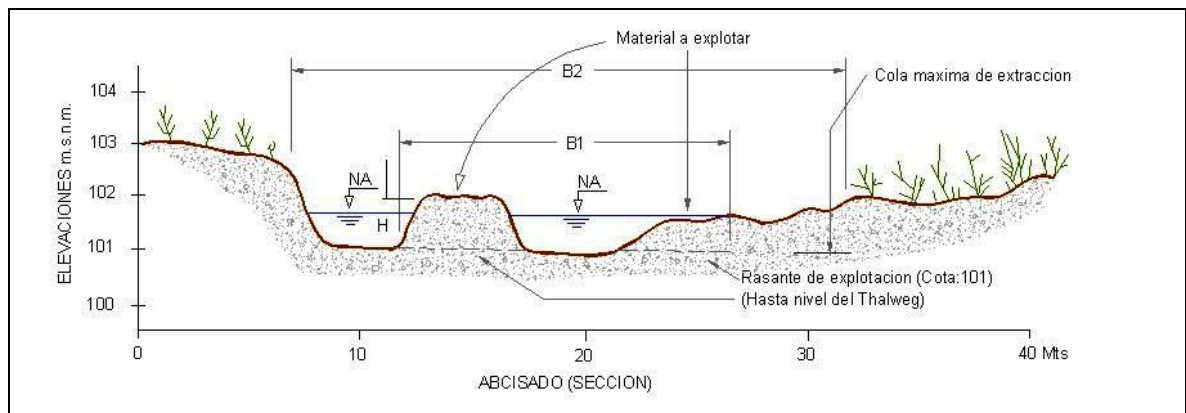
Fuente: Miall, (1978), tomado de Vergara (2001).

Hay dos tipos de gravas matriz soportada: las de matriz arenosa estratificada y las de matriz sin estratificación, comúnmente lodo arenosa. El primer tipo de gravas indican un transporte acuoso, con una energía muy baja. Y el segundo tipo de gravas con matriz soportadas dentro del contexto aluvial es formada principalmente por depositación de flujo de detritos.

Los contactos de estratificación son comúnmente gradacionales, pero pueden ser netos o erosionales. En contraste, los depósitos de flujo de detritos normalmente carecen de estratificación.

- Cálculo de reservas de material ambientalmente explotables en cada sector, tanto de aluviones actuales y recientes, como de terrazas, según la topografía, geología superficial y apiques. En las secciones transversales, se deberá indicar el ancho y la rasante de explotación, como se muestra en la figura 15. La rasante de explotación debe llegar máximo hasta la profundidad máxima de cada sección o **thalweg**. El cálculo de las reservas deberá diferenciar el volumen total para cada uno de los depósitos antes mencionados.

Figura 15. Perfil de las posibles zonas de explotación durante el diagnóstico y cálculo de reservas.



Fuente: Modificado de los Términos de Referencia de LTE y PTO, 2006.

El presente estudio se limita al estudio hídrico de medios fluviales continentales, no se analizan los materiales de arrastre en medios marinos.

3.6 USOS Y ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS NATURALES

Los agregados naturales son utilizados en la industria de la construcción, particularmente en la elaboración de concreto de cemento portland y mortero, y en

la construcción de carreteras. La calidad del agregado depende del uso específico para el que sea requerido. Para su uso en concreto de cemento portland, el agregado debe ser tanto físicamente satisfactorio como inocuo químicamente. Sin embargo para uso como base de carretera, el agregado comúnmente sólo necesita ser físicamente satisfactorio, las propiedades químicas son irrelevantes. A continuación se presenta un resumen de los usos y las especificaciones de los materiales de acuerdo a análisis de calidad de las distintas pruebas según INVIAS, ASHHTO y USCS.

3.6.1 Ensayos para caracterizar los agregados naturales

Los agregados naturales son empleados para la fabricación de concreto de cemento portland, capas de carretera, mampostería y como materiales livianos para concreto ligero. Los ensayos que permiten valorar la calidad física y química de los agregados naturales se encuentran establecidos en las siguientes normas:

- * Agregados reactivos en Colombia – N.T.C. 175
- * Muestreo - INVIAS E-123
- * Porcentaje de caras fracturadas - INVIAS E-227
- * Coeficiente de permeabilidad de cabeza constante - INVIAS E-130
- * Índice de aplanamiento y alargamiento - INVIAS E-230
- * Ensayo de abrasión - INVIAS E-93
- * Peso unitario - N.T.C. 92
- * Peso específico y porcentaje de absorción para agregados finos - INVIAS E-222
- * Peso específico y porcentaje de absorción para agregados gruesos - INVIAS E-223
- * Ensayo de compresión - N.T.C. 673
- * Sanidad de los agregados frente a la acción del sulfato de sodio - INVIAS 220
- * Contenido de materia orgánica – N.T.C. 127

3.6.1.1 Ensayos requeridos para caracterizar el uso de agregados naturales en concretos.

El concreto es un producto hecho de una mezcla de agua, cemento, agregados finos y agregados gruesos. El agua y el cemento forman la pasta, mientras que los agregados forman el relleno. El agregado es el mayor constituyente del concreto (aprox. 70% por volumen) y el tipo de agregados influye en las proporciones de la mezcla y en el desempeño del concreto. Las propiedades del agregado afectan las características del concreto tales como la densidad, resistencia, durabilidad y la conductividad térmica, entre otros. La forma y la textura de la superficie de las partículas de los agregados y su gradación (distribución de tamaños de partículas) son factores importantes que influyen la trabajabilidad y la resistencia del concreto. Los agregados no deben ser de un tipo, ni deben contener suficientes impurezas, que puedan darle un efecto adverso a las propiedades del cemento o a la durabilidad del concreto. Las partículas de los agregados deben ser lo suficientemente fuertes como para que ellas no reduzcan la resistencia a la rotura del concreto. La porosidad (absorción de agua) de las partículas del agregado es importante. Partículas con alta porosidad tienen una alta área superficial y, por lo tanto, un excesivo requerimiento de agua en el concreto (Harrison & Bloodworth en Maya, 2003).

3.6.1.2 Normatividad. En Colombia, la normatividad NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas Colombianas y Certificación – ICONTEC cuenta con un grupo de normas relacionadas con los agregados naturales y determina las especificaciones para el uso de estos materiales en la fabricación de concreto de cemento Portland. Este trabajo está hecho en función de las especificaciones generales para el concreto de cemento Portland debido a que son más exigentes que las de pavimento asfáltico y material para capas de rodadura. Por lo general, un material que sirve para concreto sirve, igualmente, para el pavimento asfáltico y bases de rodadura. Las especificaciones para agregados finos (arena), agregados gruesos (grava) y arenas para mampostería se presentan en las tablas 22 a 26.

Tabla 21. Información sobre el origen, características físicas distintivas de las clases de rocas y su influencia en el concreto

Tipo de roca y origen		Nombre	Componentes mineralógicos	Textura	Estructura	Observaciones relativas a su uso en el concreto	
Ígneas	Plutónicas	Granito	Cuarzo, feldespatos, mica y plagioclasa	Fanerítica	Batolitos cuerpos intrusivos	Fácilmente intemperizable en clima tropical, intemperismo esferoidal	
		Diorita	Plagioclasa y mica	Fanerítica	Cuerpos intrusivos		
		Gabro	Plagioclasa y mica	Fanerítica	Cuerpos intrusivos	Alto peso específico	
	Volcánicas - piroclásticas	Riolita	Cuarzo, feldespato, plagioclasa, vidrio y mica	Afanítica porfídica	Domos flujos de lava	Altamente reactiva con los álcalis del cemento	
		Andesita	Plagioclasa, vidrio y mica	Afanítica porfídica	Derrames de lava		
		Basalto	Plagioclasa, vidrio y mica	Afanítica vesicular	Derrames de lava	Alta resistencia a la compresión, porosa y resistente a la abrasión	
		Tobas	Variable	Porfídica	Pseudoestratificación	Dependiendo de la mineralogía pueden ser reactivas y algunas son muy deleznable	
Sedimentarias	Clásticas	Conglomerado	Fragmentos de roca y matriz	Fragmentos redondeados de 2 mm de diámetro	Estratificación gruesa, lentes rellenos de cauces, masiva		
		Arenisca	Cuarzo, Feldespato potásico, Plagioclasa y fragmentos de roca	Fragmentos 2mm a 1/16 mm de diámetro	Estratificación masiva lentes	Puede contener cementante sílico que es reactivo con los álcalis del cemento	
		Lutita	Materiales arcillosos	Fragmentos 1/6 mm de diámetro	Laminaciones masiva	Puede presentar fisibilidad, baja resistencia a la compresión, puede hidratarse a través de los materiales arcillosos	
	No clásticas	Caliza	Calcita		Cristalina	Estratificación masiva	Altamente soluble

Tipo de roca y	Nombre	Componentes	Textura	Estructura	Observaciones relativas a su uso en	
	Marga	Calcita y minerales arcillosos	Cristalina	Estratificación	Sus minerales arcillosos puede hidratarse fácilmente	
	Dolomita	Calcita y dolomita	Cristalina	Estratificación masiva	Sus componentes mineralógicos pueden provocar la reacción álcali-carbonato (a través de la desdolomitación)	
	Yeso	Yeso anhidrita	Cristalina	Vetas y lentes	Muy ligero, baja resistencia a la abrasión	
	Carbón	Carbón	Cripcristalina	Mantos, vetas, lentes	Ligero, deleznable y/o frágil, produce problemas durante la hidratación del cemento portland	
Metamórficas	Foliadas	Pizarra filita	Cuarzo, micas, clorita, sericita.	Foliada de grano fino	Foliación	Deleznable
		Esquisto	Micas, Feldespato potásico.	Foliada de grano medio	Foliación	A veces muy deleznable
		Gneiss	Cuarzo, feldespatos ferromagnesianos	Foliada de grano grueso	Foliación masiva	
	No foliadas	Hornfels	Mica, granate, piroxeno, cuarzo, feldespatos	Afanítica	Masiva	Puede presentar sílice del tipo reactivo con los álcalis del cemento
		Cuarcita	Cuarzo, feldespatos sillimanita	Granoblástica	Masiva	Deshornfels
		Mármol skarn	Calcita, piroxeno y Anfíbol.	Granoblástica	Masiva	

Fuente: Tomado de Chan, et al., 2003.

Tabla 22. Especificaciones de la NTC 174 para agregado fino (arena) utilizado en la fabricación de concreto de cemento Pórtland

Ensayo	Valor
Granulometría	Ajustarse a cualquiera de las bandas granulométricas propuestas por la norma
Modulo de finura	Entre 2,3 y 3,1
Finos que pasan la malla #200	< 5 %
Material que pasa cualquier tamiz	< 45 %
Contenido de materia orgánica	Que produzca un color mas claro que el normal de referencia (Norma NTC 127).
Terrones de arcilla y partículas deleznales	< 3 %
Reactividad Álcali-Agregado	No reactivo

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

El agregado grueso para uso en concreto que va a estar sujeto a humedad, o expuesto a una humedad atmosférica permanente, o que va a estar en contacto con suelo húmedo, no debe contener ningún tipo de material que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis del cemento en cantidad suficiente para causar una expansión excesiva del mortero o del concreto; si dicho material está presente, se debe añadir un material que haya demostrado prevenir la expansión perjudicial debido a la reacción álcali – agregado (NTC 174).

Según las especificaciones de la NTC 174 - Cuarta actualización, la reactividad potencial de un agregado para concreto se determina: - Si la Reducción de alcalinidad (R_c en milimols por litro) es mayor de 70, el agregado se considera potencialmente reactivo si la Cantidad de Sílice disuelto (S_c en milimols por litro) es mayor que R_c . - Si R_c es menor de 70, el agregado se considera potencialmente reactivo si S_c es mayor de $35 + (R_c/2)$.

Tabla 23. Especificaciones para agregado grueso (grava) utilizado en la fabricación de concreto de cemento portland (NTC 174)

Ensayo	Valor
Granulometría	Ajustarse a cualquiera de las bandas granulométricas
Finos que pasan la malla #200	< 1 %
Pérdida de peso en solidez en sulfato de sodio	< 12 %
Pérdida por abrasión en la máquina de Los Ángeles	< 50 %
Terrones de arcilla y partículas deleznable	< 5 %

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

Tabla 24. Granulometría para los agregados finos empleados en la elaboración de concreto (NTC 174)

Tamiz		Porcentaje que pasa
Tamaño	No.	
9.5	3/8"	100
4.75	No.4	95-100
2.36	No.8	80-100
1.18	No.16	50-85
600 m	No.30	25-60
300 m	No.50	10-30
150 m	No.100	2-10

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

Tabla 25. Requisitos de gradación para agregados gruesos empleados en la elaboración de concreto (NTC 174)

No. del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (% en masa)						
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm
1	90-37,5	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-
2	63-37,5	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-
3	50-25	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15
357	50-4,75	-	-	-	100	95-100	-	35-70
4	37,5-19	-	-	-	-	100	90-100	20-55
476	37,5-4,75	-	-	-	-	100	95-100	-
5	25-12,5	-	-	-	-	-	100	90-100
56	25-9,5	-	-	-	-	-	100	90-100
57	25-4,75	-	-	-	-	-	100	95-100
6	19-9,5	-	-	-	-	-	-	100
67	19-4,75	-	-	-	-	-	-	100
7	12,5-4,75	-	-	-	-	-	-	-
8	9,5-2,36	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

Tabla 26 (Cont.). Requisitos de gradación para agregados gruesos empleados en concreto (NTC 174)

No. del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (% en masa)					
		19,0 mm	12,5 mm	9,5	4,75 mm (No. 4)	3,36 mm (No. 8)	1,18 mm

							(No. 16)
1	90-37,5	0-5	-	-	-	-	-
2	63-37,5	0-5	-	-	-	-	-
3	50-25	-	0-5	-	-	-	-
357	50-4,75	-	10-30	-	0-5	-	-
4	37,5-19	0-15	-	0-5	-	-	-
476	37,5-4,75	35-70	-	10-30	0-5	-	-
5	25-12,5	20-55	0-10	0-5	-	-	-
56	25-9,5	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-
57	25-4,75	-	25-60	-	0-10	0-5	-
6	19-9,5	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
67	19-4,75	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
7	12,5-4,75	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
8	9,5-2,36	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

Tabla 27. Especificaciones de ICONTEC e INVIAS requeridas para los agregados naturales empleados en la elaboración de concreto en Colombia

ENSAYO	ESPECIFICACIONES	ENSAYO	ESPECIFICACIONES
Pasa 200 (%)	NTC 174 Agr fino: <5 Agr grueso: <1	Terrones de Arcilla y Partículas deleznales (%)	NTC 174 Agr fino: < 3 Agr grueso:< 5 INVIAS E-221 Agr fino: < 1 Agr grueso:< 0.25
Peso específico aparente (g/cm3)	ASTM C127 Agr grueso: >2,55	Partículas livianas (%)	INVIAS E-221 Agr fino: < 0,5 Agr grueso: < 1
Absorción (%)	ASTM Agr grueso: <3	Sulfato ¹ (%)	INVIAS E-233 Agr fino y Agr grueso: <1,2
Desgaste en la Máquina de Los Ángeles (%)	NTC 174 Agr grueso: LA< 50 INVIAS E-218 y E-219 Agr grueso, LA< 40	Índice de Aplanamiento y Alargamiento.	INVIAS E-230 <15%
Pérdida por Solidez al Sulfato de Sodio (%)	NTC 174 Agr grueso: <12 INVIAS E-220 Agr grueso: <12 Agr fino: <12	Reacción Alcali-agregado	NTC 174 INVIAS E-234 No potencialmente reactivo
Pérdida por Solidez al Sulfato de Magnesio (%)	NTC 174 Agr grueso: <12 INVIAS E-220 Agr grueso: <18 Agr fino: <15	¹ BS 5328 (<i>British Standard</i>). El contenido del ión sulfato depende también del contenido de sulfatos de los agregados, el agua y el cemento a utilizar pues que el factor crítico es la cantidad total de sulfatos en el concreto que no debe exceder del 4% de SO ₃ por masa de cemento.	

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

3.6.1.3 Ensayos requeridos para caracterizar el uso de agregados naturales en carreteras. Los agregados, tipo piedra triturada y las arenas y gravas, son empleados en la construcción de carreteras pavimentadas. La estructura general de una carretera pavimentada consiste en una serie de capas que parten del lecho rocoso o material firme y que consisten en subbase, base granular y base asfáltica o de concreto de cemento portland. Además los agregados naturales son empleados en otras obras civiles como terraplén, gaviones, pedraplén, afirmado, entre otros. El Instituto Nacional de Vías – INVIAS, tiene una normativa que muestra las especificaciones requeridas para los materiales que serán utilizados como agregados naturales en la construcción de las capas de rodadura, incluyendo el pavimento asfáltico y de concreto. La tablas 28 y 29 muestran algunas las especificaciones requeridas por el INVIAS para los agregados naturales empleados en capas de rodadura, en Maya, 2003.

Tabla 28. Especificaciones de INVIAS requeridas para los agregados naturales empleados en la elaboración de capas de rodadura, incluye el pavimento asfáltico y de concreto.

Producto	Código de Ensayos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pedraplén				<5 0								
Subbase granular	< 6		>2 5	<5 0	<1 2	<1 8						
Base granular	< 3	< 35	>3 0	<4 0	<1 2	<1 8	>5 0					
Afirmado	4-9			<5 0	<1 2	<1 8						
Base asfáltica				<4 0								
Pav grueso asfáltico Agr				<4 0			1	0				
Pav asfáltico Agr fino				<4 0				0				
Pav rígido Agr grueso				<3 5				=0,2 5				
Base asfáltica-Agr grueso	< 7			<5 0								
Base asfáltica-Suelos	< 7		2									
Gaviones				<5								

			0								
Concreto - Agr fino		> 60					<1	No	<0,5	<1,2	
Concreto- grueso Agr		< 15	<4 0	<1 2	<1 8		<0,2 5	No	<1	<1,2	
Concreto ciclópeo Agr			<5 0								
Pav concreto Agr fino		> 60		<1 2	<1 5		<1	No	<0,5	<1,2	=3
Pav concreto Agr grueso		< 15	<4 0	<1 2	<1 8		<0,2 5	No	<1	<1,2	

1 Un 60% de Retenido en el tamiz No.4, debe tener al menos una cara fracturada - 2 < 90% suelos A-1-b; 20-40% suelos A-2-4; Abreviaturas utilizadas: Pav: pavimento; Agr.:Agregado; **Fuente:** Tomado de Maya, 2003.

Tabla 29. Ensayos del INVIAS aplicados a los agregados naturales empleados en capas de rodadura. Código-Ensayo aplicados a la tabla 28

Código Ensayo	Nombre del Ensayo	Norma INVIAS
1	Índice de plasticidad	E125, E-26
2	Índice de aplanamiento y alargamiento (%)	E-230
3	Equivalente de arena (%)	E-133
4	Desgaste en la Máquina de Los Ángeles (%)	E-218 E-219
5	Pérdida por Solidez en NaSO ₄ (%)	E-220
6	Pérdida por Solidez en MgSO ₄ (%)	E-220
7	Caras fracturadas (%)	E-227
8	Terrones de arcilla y partículas deleznableles (%)	E-211
9	Reactividad Alcali-agregado	E-234
10	Partículas livianas (%)	E-221
11	Sulfatos (SO ₄)	E-233
12	Mat. orgánica (colorimetría)	E-221
13	Granulometría	

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

3.6.1.4 Ensayos requeridos para caracterizar el uso de agregados naturales en mampostería. El mortero es una mezcla de arena natural (u otro agregado fino) y un cementante de caliza o yeso, utilizado en la mampostería como material pegante o como material de cobertura.

La arena es el constituyente mayor y la calidad del mortero depende del tamaño de la partícula y la forma de la arena, así como de las impurezas que contenga la arena. Las especificaciones para mortero indican que las arenas deben ser duras, durables, limpias y deben estar libres de sustancias como arcillas. Los requerimientos de las NTC para los agregados empleados en mampostería y la distribución del tamaño de las partículas se presentan en las tablas 30 y 31, (Maya, 2003).

Tabla 30. Especificaciones para arena empleada en mampostería (NTC 2240).

Ensayo	Valor
Material retenido en dos tamices consecutivos	< 50 %
Material entre tamices No.50 y No.100	< 25 %
Terrones de arcilla y partículas deleznales	< 1 %
Partículas livianas	< 0.5 %
Contenido de materia orgánica	Que produzca un color mas claro que el normal de referencia.
Pérdida de peso en solidez en sulfato de sodio	< 10 %
Modulo de finura	No debe diferir en más de 0.2 del valor escogido para el mortero

Fuente: Tomado de Maya, 2003.

Tabla 31. Granulometría de los agregados para mampostería (NTC 2240)

Tamiz NTC	Porcentaje que pasa	
	Arena Natural	Arena Triturada
4,75 mm (No. 4)	100	100
2,36 mm (No. 8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (No. 16)	70 a 100	70 a 100
600 µm (No. 30)	40 a 75	40 a 75
300 µm (No. 50)	10 a 35	20 a 40
150 µm (No. 100)	2 a 15	10 a 25
75 µm (No. 200)		0 a 10

Fuente: Tomado de Maya, 2003.}

3.7 GESTIÓN AMBIENTAL EN LA ACTIVIDAD MINERA DE LOS MATERIALES DE ARRASTRE

Aunque los objetivos de este trabajo no contemplan el análisis de las operaciones durante la Etapa de Explotación de un proyecto minero de materiales de arrastre, si es requisito indispensable la presentación ante la autoridad ambiental competente (CARs o Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) del Estudio de Impacto Ambiental para la obtención de la Licencia Ambiental Global. El Estudio de Impacto Ambiental constituye la Línea Base del proyecto en desarrollo y su objetivo es sentar las prioridades en cuanto a la importancia de las acciones sobre determinado componente del medio.

El análisis se orienta a la evaluación de los efectos ambientales que generará la explotación de materiales, y se deben contemplar los impactos directos, indirectos, acumulativos y residuales, así como los riesgos ambientales consecuentes con la actividad para de esta forma, establecer las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación a que haya lugar, para los impactos producidos.

La incidencia que este tipo de explotaciones tiene sobre el medio ambiente es similar, en un sentido, a las ocasionadas por otro tipo de minería a cielo abierto (carbón, metálica, etc.), aunque, en muchos casos, puede considerarse una actividad “blanda”, (Ver tabla 32).

Tabla 32. Evaluación de Impactos Ambientales de la actividad minera en sus diversas etapas.

	Suelos	Agua	Aire	Flora y fauna	Otros
Fase de exploración y montaje	Desestabilización Geomorfológica – procesos erosivos-, cambios en el uso del suelo	Alteración de la calidad de las aguas y aportes de sedimentos deterioro de la recarga de acuíferos		Deterioro de la vegetación natural, extinción a la fauna terrestre y acuática	

Fase de Explotación	Creación de zonas de inundación	Salinización de aguas	Emisión de partículas de aire	Eliminación y alteración de hábitats vegetales necesarios para la fauna	Generación de ruidos operación equipos
Fase de Transporte	Deterioro de la infraestructura		Emisión de partículas	Perturbaciones de la fauna por construcción de vías	Generación de ruidos operación de equipos
Fase del Proceso de beneficio			Emisión de partículas- polvo		Generación de ruidos
Fase de transformación	Contaminación con sustancias tóxicas		Emisión de partículas humo-gases		Generación de ruidos por maquinaria

Fuente: Castillo, 1.998

3.7.1 Aspectos ambientales de la actividad minera de materiales de arrastre

Se llevan a cabo como explotaciones a cielo abierto. Para la valoración de impactos de la actividad minera, se deben tener en cuenta:

Efectos sobre el Medio Físico:

Componente suelo. En general, se presenta una inducción de efectos edáficos negativos en los alrededores por las operaciones de explotación, que se traducen en una destrucción de la corteza terrestre, debido a la deforestación y remoción de la cobertura vegetal, desecación de la superficie del suelo, aridez y cambios en la red de drenaje. Interviene en el cambio de morfología debido al aumento de sedimentos, elementos finos, polvo y escombros, acelerando los procesos erosivos.

Componente hídrico. En cuanto al impacto en aguas superficiales, se presenta un aporte importante de sedimentos a las fuentes naturales de agua, alteración en el curso y nivel de las aguas de escorrentía y superficiales, aumento y turbiedad por partículas sólidas en los lechos de los ríos. Lo anterior generado principalmente por las operaciones necesarias para la creación de escombreras,

del tráfico de camiones y maquinaria pesada, además de las implantaciones viales e infraestructuras.

El impacto sobre las aguas subterráneas se enfoca en dos aspectos:

- La alteración temporal del régimen de caudales subterráneos motivada por las operaciones excavación en el lecho de la corriente hídrica.
- La contaminación de los acuíferos por aceites e hidrocarburos utilizados para el mantenimiento de la maquinaria.

Componente atmosférico. Aunque no hay gran cantidad de partículas en suspensión, se presenta turbamiento del aire.

Efectos sobre el Medio Biótico. Tala y remoción de árboles y arbustos, que generan eliminación o alteración de hábitats vegetales y de otras formaciones para la fauna. Cambio de hábitat de organismos terrestres por desplazamiento de las especies, se puede presentar concentración de especies o individuos motivado por las excavaciones y el tráfico de maquinaria. Adicional, cambios en las pautas de comportamiento de la fauna por este mismo tipo de perturbaciones.

Efectos sobre el Medio Antrópico. Genera impactos positivos debido a la oferta de empleo; pero presenta impactos negativos sobre la actividad socioeconómica de la población, por el cambio en el uso del suelo y la desertificación del mismo.

CRONOGRAMA

Tabla 33. Cronograma de actividades del proyecto a realizar

Actividad	Tiempo en meses									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Recopilación bibliográfica										
Presentación primer informe										
<i>Análisis y evaluación preliminar de la actividad minera de los materiales de arrastre</i>										
Presentación segundo informe										
<i>Marco normativo legal y ambiental aplicable a la minería de los materiales de arrastre</i>										
Presentación tercer informe										
<i>Modelo de referencia para el estudio geológico de un proyecto minero de materiales de arrastre</i>										
Presentación informe final										

- Proyecto ejecutado
- Proyecto por ejecutar

Fuente: *Elaboración propia*

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de este estudio, las técnicas de análisis de información utilizada y las metodologías seguidas para su ejecución, se pueden mencionar las siguientes conclusiones y recomendaciones generales:

- Se debe adoptar una definición de materiales de arrastre acorde con la Clasificación Oficial de Minerales (COM), las normas técnicas colombianas para tamaño de material granular (NTC 1504) y la valoración de la calidad físico química (propuesta por Knepper y Langer) que sea de uso académico e industrial. De esta forma, no se presentarán ambigüedades en su uso por parte de las entidades Reguladoras en el tema minero y ambiental.
- Es necesario la ejecución de estudios relacionados con los procesos genéticos de los depósitos de material de arrastre, que permitan consolidar criterios geológicos en la exploración y aprovechamiento de este tipo de recursos minerales en el país.
- En un proyecto minero es necesario integrar los aspectos técnicos, legales y ambientales, no estimándolos como elementos independientes. Con base en dicha información es posible configurar una herramienta que caracterice el geopotencial y se integre a los planes de ordenamiento territorial para prevenir y mitigar los impactos ambientales de la actividad minera en las zonas de material de arrastre. No hay duda que la competencia y la asesoría profesional en las fases del proyecto minero redundan en soporte para la viabilidad técnica, económica y ambiental.

- El sector de la construcción requiere zonas potenciales de extracción para materiales de arrastre compatibles con los planes regionales de ordenamiento territorial, para garantizar el sostenimiento y crecimiento de la infraestructura urbana.
- Sólo un análisis económico profundo y real puede caracterizar el potencial de los depósitos regionales de material de arrastre y su comercialización para el mercado interno y del exterior.
- La revisión de la normatividad relacionada con el Sector minero hace patente la diversidad que rige la actividad minera de los materiales de arrastre. El Código Minero ha modernizado la legislación colombiana con el fin de hacerla más clara y aplicable. Así mismo, la actividad minera genera daños ambientales directa o indirectamente, estando regulada por la legislación ambiental (Ley 99 de 1993, principalmente) en la que se establecen algunos aspectos relativos a la priorización de la conservación de los recursos naturales, su manejo, control y regulación. Es fundamental tomar en consideración el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que promueve la construcción de modelos de desarrollo y organización municipal, basado en la estructuración del uso del suelo, siendo parte del conjunto normativo que influyen en la regulación del Sector Minero, según los lineamientos determinados en la legislación nacional.
- El Código de Minas tiene como objetivo fundamental garantizar la seguridad jurídica en los procesos de contratación minera para los inversionistas nacionales y extranjeros, es así como se ha pasado de la multiplicidad de títulos a un título unificado que regula la actividad minera desde la Etapa de Exploración hasta el cierre y la restauración paisajística de la zona de explotación. Este tipo de contratación favorece ampliamente a los proyectos de mediana y gran minería, gestionadas desde la óptica del desarrollo sostenible. Para el caso de la actividad minera de los materiales de arrastre, es necesario analizar cuidadosamente las

etapas del proyecto minero, su duración y sobre todo las posibilidades de desarrollo.

- Los sistemas de información de gestión minera soportan la función delegada al INGEOMINAS como autoridad minera. En aras de un mejor desempeño en la regulación de la actividad minera, se implantó este año el Catastro Minero Colombiano (CMC) que aunque está trabajando en paralelo con el SIAL (Sistema de Información de Áreas en Línea) y el Registro Minero, pero cubrirá lo realizado por ambas plataformas y prestará mayor funcionalidad en el proceso de fiscalización y seguimiento de los títulos mineros. Adicionalmente, es un producto informático que pueda ser consultado por el público en general a través de la web. Un tema que suscita polémica, es sin duda las zonas libres para la actividad minera de los materiales de arrastre y en general, para los materiales de construcción. En muchas zonas del país constituye un recurso natural abundante y prácticamente inagotable, pero no por ello deja de ser estratégico en el desarrollo urbano; pese a ese interés la reglamentación es confusa, sobre todo en el aspecto ambiental y no contempla muchas veces derechos preexistentes y adquiridos, causando incertidumbre en la industria minera legal.

- Los Términos de Referencia para los proyectos mineros de material de arrastre deben resaltar los siguientes aspectos:
 - Delimitación del área requerida para las fases posteriores del proyecto.
 - Levantamiento topográfico, con las respectivas secciones y perfiles necesarios para caracterizar las reservas ambiental y técnicamente explotables.
 - Información cartográfica de la zona, resaltando la geomorfología y los procesos fluviales, los controles y estructuras geológicas que afectan la deposición de material de arrastre en el cauce.
 - Estudios hidrográficos e hidrogeológicos que permitan elaborar un análisis de los caudales, zonas de desborde de la corriente hídrica, épocas o meses de

transporte del material de arrastre, carga o capacidad de transporte de sedimento.

- Ensayos físicos y químicos ajustados a la normatividad existente, para caracterizar la calidad de los agregados naturales y sus posibles usos o destinaciones. Referente a este detalle técnico, se debe hacer énfasis en la obligatoriedad de realizar dichas pruebas y/o ensayos técnicos ajustados a las normas pertinentes (INVIAS, ASTM, AASHTO y USCS).

BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURO, L.E., GAVILAN, G.E. Hidrología aplicada. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1991.
- BERMUDEZ–LUGO, O. The mineral industry of Colombia in 2004. s.l.: USGS publications – Mineral informations, 2004.
- CASTILLO, Paola. Propuesta jurídica para la industrialización de la minería. Bogotá, 1998. 134 p. Trabajo de grado (abogada). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Jurídicas.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Clasificación oficial de Minerales – C.P.C. v. 1.0. Bogotá D.C., 2003.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Glosario Técnico Minero. Bogotá D.C., 2003.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guías Minero – Ambiental. Bogotá D.C., 2004.
- DIEZ, E., ARANZAZU, M. Evaluación de un yacimiento de calizas y el diseño de su explotación para áridos. Red-Cyted-Subprograma XIII – Tecnología mineral. [Citado 23 oct., 2005] Disponible en Internet desde: < www.minas.upm.es/relext/Red-Cyted-XIII/web_rimin/DiezEstebanMar%A1aAranzazu.pdf >. 13 p.

- ECONOMETRÍA CONSULTORES S.A. Actualización de la evaluación de competitividad del sector minero colombiano y análisis de percepción empresarial. Bogotá D.C., 2006

- MAYA SANCHEZ, Mario. Zonas potenciales para materiales de construcción en los alrededores de Medellín, Colombia. Plancha 130, 146 y 166. Bogotá D.C.: Publicaciones Especiales de INGEOMINAS. 2003, p. 12-17.

- MELENDEZ, Marcela et al. El sector de materiales de construcción en Bogotá – Cundinamarca. Bogotá D.C.: FEDESARROLLO, 2006.

- INGEOMINAS. Atlas Colombiano de Información Geológico Minera para Inversión, ACIGEMI. Bogotá D.C.: INGEOMINAS, 2005.

- INGEOMINAS. Evaluación de efectos potenciales (sensibilidad geoambiental) por aprovechamiento de recursos del subsuelo. Plancha 5-09. Informe final. Bogotá D.C.: INGEOMINAS, 2002.

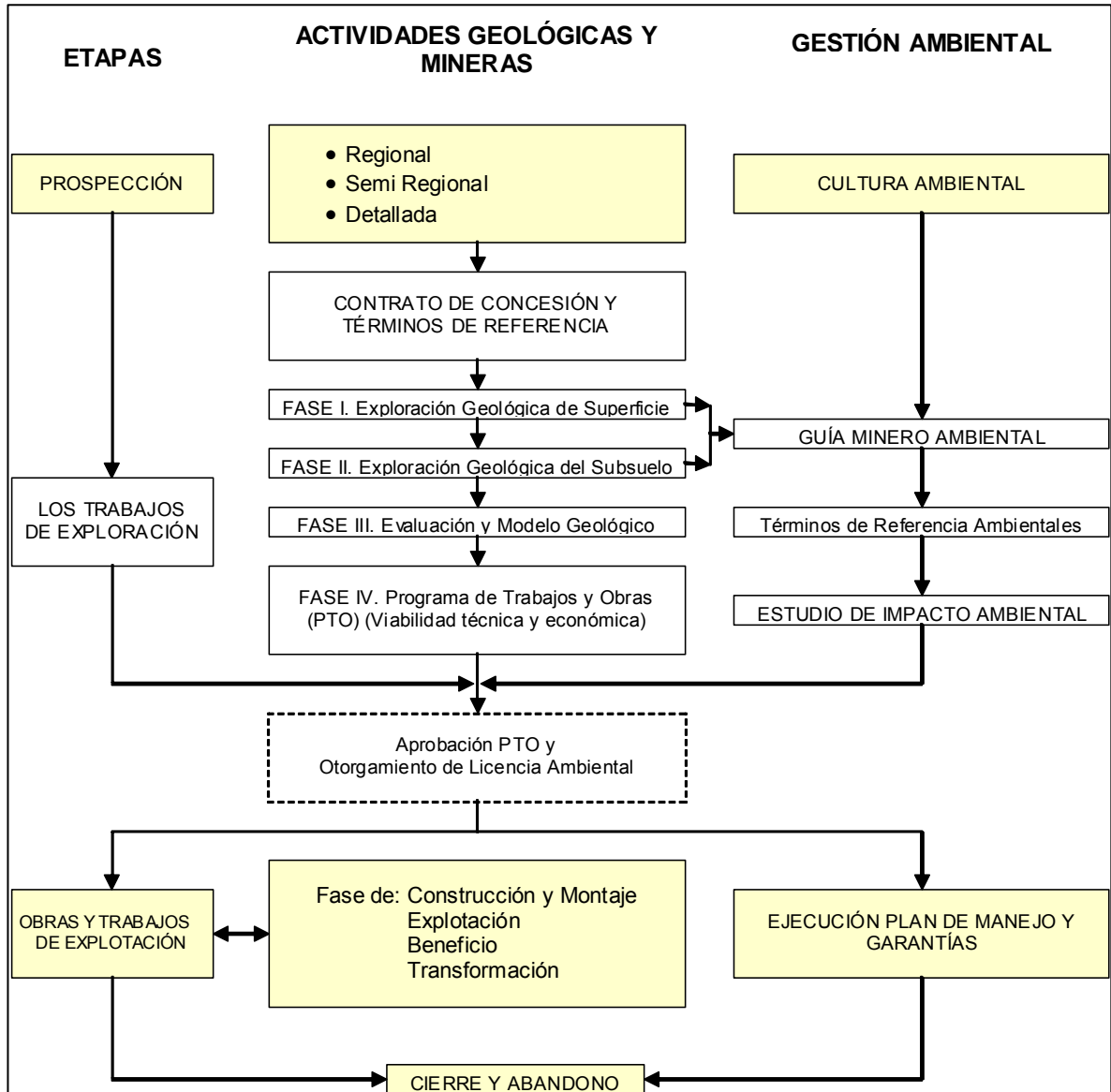
- INGEOMINAS, SUBDIRECCIÓN DE MINERÍA. Inventario Minero Nacional: Departamento de Santander. Escala 1:500.000. Bogotá D.C., 1999.

- LORENZ, W., GWOSDZ, W. Manual para la evaluación geológica-técnica de recursos minerales de construcción. Stuttgart (Alemania): Ed. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung – Science Publishers, 2004

- PARRA, Mauricio. Estudio geológico de fuentes de materiales en la arenera Los Pinos sobre el río Chicamocha, municipio de Aratoca (Santander). Bucaramanga, 2003. 124 p. Trabajo de grado (geólogo). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-químicas.

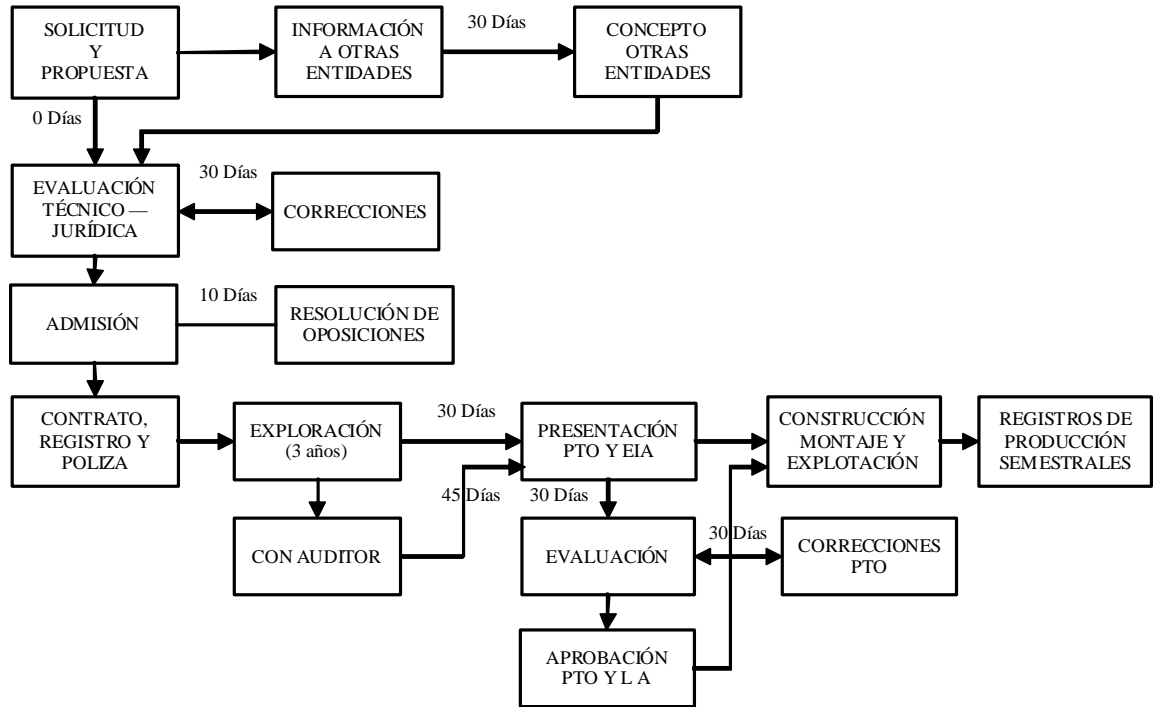
- RAMIREZ, Ricardo. El ordenamiento territorial municipal: una aproximación desde Colombia. Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. geogr, ene./jun. 2004, vol.7, no.13, p.31-36.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. Madrid: Real Academia Española, 2006.
- REPÚBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL. Código de Minas. (Ley 685 de agosto 15 de 2001). Bogotá D.C.: Edición UPME, 2001.
- REPÚBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL. Ley 99 de 1993. Bogotá D.C.
- RICAURTE, M. Nuevo Código de Minas. Concordancias, jurisprudencia, doctrina y comentarios. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes, 2004.
- RODRIGUEZ, Antonio. Materiales de construcción. En: VILLEGAS, Alberto. Recursos minerales de Colombia. Bogotá D.C.: Publicaciones Especiales de INGEOMINAS. 1.987, V. 2, p. 919-941.
- SCHUMM, Stanley. The fluvial system. Nueva York (Estados Unidos): Ed. John Wiley & Sons. 1977. p. 95 – 178
- UPME. Competitividad del Sector Minero Colombiano, visión al 2001. Bogotá D.C., 2001.
- VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” – Subdirección de Docencia e Investigación. 1991

ANEXO A. Etapas y Fases de un Proyecto Geológico Minero.



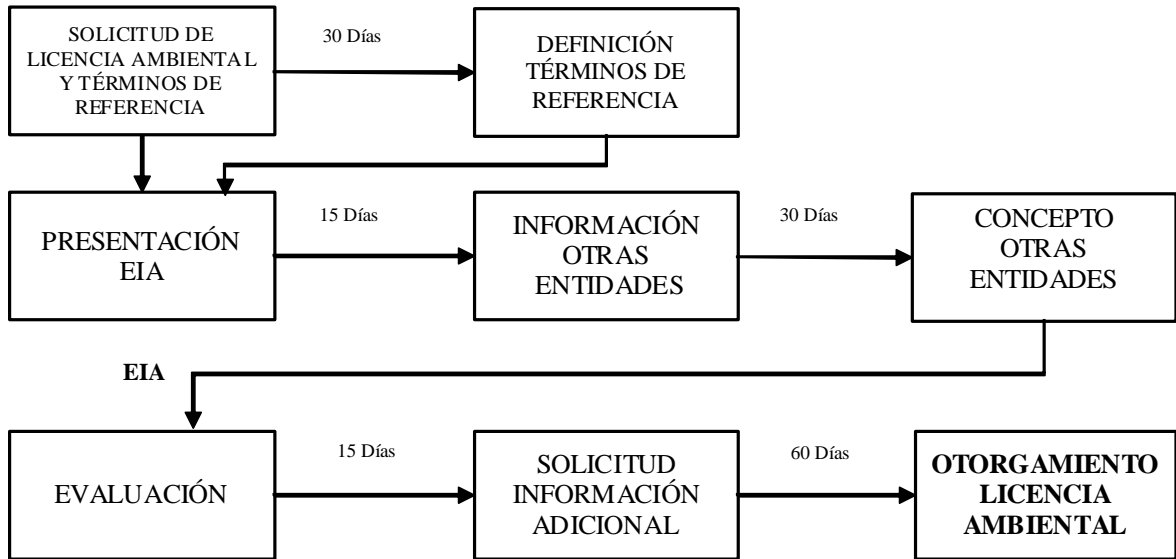
Fuente: Tomado de Guía Minero Ambiental, 2.003.

ANEXO B. Trámites para la gestión de un título minero durante la etapa de exploración



Fuente: Tomado de Guía Minero Ambiental, 2.003

**ANEXO C. Trámites para la obtención de la Licencia Ambiental ante la
Autoridad Ambiental**



Fuente: Tomado de Guía Minero Ambiental, 2.003.

ANEXO D. Normas complementarias al Código de Minas

CLASIFICACIÓN OFICIAL DE MINERALES – COM

La clasificación oficial de minerales responde a las necesidades del Sistema Nacional de Información Minero Colombiano (SIMCO) en la búsqueda de un lenguaje único para todos los minerales susceptibles de encontrarse en la naturaleza.

Con esta nueva clasificación a disposición del sector público y privado, se cuenta con una terminología (fuente única) para el diligenciamiento del formulario de propuesta de contrato de concesión y del Formato básico minero (FBM), entre otros.

Es adaptado por el Ministerio de Minas y Energía, tiene como objetivos:

- Unificar la denominación y fijar una clasificación que facilite la administración del recurso minero; el manejo del registro y catastro minero; la liquidación, recaudo y distribución de regalías.
- La interacción entre el Sector público y el privado
- El acceso de inversionistas extranjeros y contar con una clasificación que garantice la comparabilidad dentro del ámbito nacional e internacional.

Se consigue un modelo normalizado como herramienta fundamental y logrando que la clasificación este acorde con el dinamismo económico nacional e internacional que demanda la existencia de clasificaciones flexibles capaces de adaptarse a las nuevas tendencias económicas.

Servir de marco para la comparación nacional e internacional de estadísticas que se refieren al Sector Minero.

Servir de instrumento al Sistema de Información Minero Colombiano –SIMCO-, facilitando la compilación y tabulación de estadísticas que requieran información detallada sobre el sector minero.

Estructura general de la clasificación oficial de minerales

La estructura de la COM, a nivel general es jerárquica y su sistema de nomenclatura es decimal y acumulativa, así:

Escala descendente	No. de dígitos
Secciones	1
Divisiones	2
Grupos	3
Clases	4
Subclases	5
Productos	7

El código para la Sección es 1, la Sección puede dividirse en nueve Divisiones y éstas, a su vez pueden dividirse en nueve Grupos y así sucesivamente para las restantes categorías, excepto en la categoría producto, que actualmente se ha convenido hasta el consecutivo 99.

Por ejemplo la clasificación de los minerales de oro se realiza de la siguiente manera:

- Se identifica inicialmente la sección en que está contenido, sección 1 MINERALES; ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA.
- Dentro de la sección se encuentran divisiones en las cuales están contenidos los minerales un poco más especificados, para el caso de los minerales de oro les corresponde la división 14 MINERALES METÁLICOS.
- Las divisiones a su vez se subdividen en grupos y para los minerales de oro les corresponde el grupo 142 Minerales y concentrados de metales no ferrosos (excepto minerales y concentrados de uranio y torio).
- Los grupos se dividen en clases y para este caso le corresponde la clase 1424 Minerales de metales preciosos y sus concentrados.
- Las clases también se subdividen en subclases y a los minerales de oro les corresponde la subclase 14242 Minerales de oro y platino, y sus concentrados.

- Finalmente las subclases están conformadas por productos o familias de productos y para este caso el código del producto es 1424201 Minerales de oro y sus concentrados.

Por organización de la estructura la ubicación de aquellos productos denominados NCP (No Clasificados Previamente), se ha dispuesto al final de todos los productos contemplados en las subclases de la COM, que contenga productos NCP. Por efecto de codificación cada subclase contendrá un máximo de 99 productos y por tal motivo los productos NCP ubicados al final de los productos de cada subclase tendrán como últimos dígitos de su código el número 99.

En los casos en los que un nivel determinado de clasificación no se subdivide a su vez en categorías del nivel de clasificación siguiente, se utiliza un “0” a la derecha en la posición para el nivel más detallado. Por ejemplo:

Grupo	130	“Minerales y concentrados de uranio y torio”
Clase	1300	“Minerales y concentrados de uranio y torio”
Subclase	13000	“Minerales y concentrados de uranio y torio”

GLOSARIO TÉCNICO MINERO (Decreto 2191 de 2003)

Este documento integra la terminología relacionada con la actividad minera en el territorio colombiano, siempre dentro del marco de los estándares y las normas internacionales. De uso estricto para la elaboración, presentación y expedición de documentos, solicitudes y providencias que se produzcan en las actuaciones reguladas por el Código.

Se constituye en una herramienta y una guía fundamental para el Sistema de Información Minero Colombiano, SIMCO; permitiendo a los agentes de la actividad minera la adecuada utilización y entendimiento de los documentos oficiales como son el Código de Minas, las Guías Minero Ambientales y las Normas Técnicas Oficiales.

El Glosario Técnico Minero consideró las diferentes áreas de la información relacionadas con el Sector Minero, tales como:

- CIENCIAS BÁSICAS, incluyen geología, geografía, química y física.

- INDUSTRIA, minera y metalúrgica.
- ASPECTOS ECONÓMICOS, incluyen finanzas, mercadeo, comercio exterior.
- ASPECTOS JURÍDICOS Y LEGALES
- MEDIO AMBIENTE
- SÍSTEMAS DE INFORMACIÓN

NORMAS TÉCNICAS OFICIALES PARA LA PRESENTACIÓN DE MAPAS Y PLANOS (Decreto 3290 de 2003)

El gobierno y las entidades encargadas del control y el monitoreo minero y ambiental lideran la estandarización de las normas técnicas y especificaciones técnicas para enmarcar la actividad minera dentro de una terminología única.

Las normas técnicas se constituyen en una herramienta de carácter metodológico y orientación técnica para la presentación y entrega de la documentación e información, a que está obligado el Concesionario ante los requerimientos de la autoridad minera. Estas normas definen los lineamientos para la presentación de los planos, croquis y reportes relacionados con la determinación y localización del área objeto de la propuesta y del Contrato Único de Concesión, así como en los documentos e informes técnicos que deban rendir.

En general, los siguientes son los planos y mapas con sus características que se deben anexar en el momento de presentar información técnica:

- Plano de delimitación definitiva del área de explotación.
- Mapa topográfico del área de interés.

Detallada información cartográfica del área: representado en un mapa geológico, mapa de geología económica y sus respectivos cortes geológicos.

ANEXO E. Términos de referencia para el estudio de impacto ambiental de explotaciones mineras de material de arrastre

Para explotación de materiales de arrastre y de cantera:

Generalidades

- Localización de los sitios en coordenadas y mapas a escala 1:25000.
- Vías de acceso
- Objetivo del aprovechamiento.

Descripción local del entorno.

- Aspectos físicos con énfasis en la dinámica fluvial.
- Aspectos bióticos
- Aspectos socioeconómicos

Sistemas de Explotación

- Métodos de explotación
- Proyección de la explotación en plano topográfico escala 1:1000
- Equipos y/o herramientas a utilizar
- Tipo de materiales
- Tiempo de explotación
- Volúmenes a explotar
- Servicios de requerimiento de otros recursos naturales para la explotación
- Residuos resultantes

Fuente: *CDMB, CAS, 2006.*

ANEXO F

Estimativos de inversión económica anual resultante de la aplicación de los
Términos de Referencia y Guías señaladas en el formulario de Propuesta de
Contrato Único de Concesión

Cronograma de actividades y costos															
Item	APLICA		ACTIVIDAD	TIEMPO (meses)							INVERSION (miles \$)	Alcance por actividad (cantidad, escala y descripción)			
	SI	NO		2	4	6	8	10	12	15			18	24	36
FASE 1 Exploración geológica de superficie															
1.			Revisión bibliográfica												
2.			Enfoque social y relaciones con la comunidad												
3.			Topografía del área												
4.			Cartografía geológica												
5.			Excavación de trincheras y apiques												
6.			Geoquímica												
7.			Geofísica												
8.			Estudio de dinámica fluvial del cauce												
9.			Estudio hidrogeológico y sedimentológico												
10.			Otros												
SUBTOTAL															
FASE 2 Exploración geológica de subsuelo															
11.			Pozos y galerías exploratorias												
12.			Perforaciones profundas												
13.			Muestreo y análisis de calidad												
14.			Manejo ambiental de exploración												
15.			Estudios geotécnico, hidrológico e hidrogeológico												
16.			Otros												
SUBTOTAL															
FASE 3 Evaluación y modelo geológico															
17.			Evaluación e interpretación de la información geológica												
18.			Construcción del Modelo Geológico												
19.			Cálculo de Reservas												
20.			Otros												
SUBTOTAL															
FASE 4 Programa de Trabajos y Obras															
21.			Estudio de Mercados												
22.			Diseño y Planeamiento Minero												
23.			Estudio de Impacto Ambiental												
24.			Otros												
SUBTOTAL															
			TOTAL inversión: (1 + 2 + 3 + 4)												
Total inversión:				1° año:											
				2° año:											
				3° año:											

Fuente: INGEOMINAS – Ministerio de Minas y Energía, 2006.