

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis de la informalidad de la minería de pequeña escala con pensamiento sistémico, para el desarrollo de estrategias de formalización para el negocio minero

Juliana Pérez Monsalve

Universidad Nacional de Colombia

Facultad, de Minas

Medellín, Colombia

2018

Análisis de la informalidad de la minería de pequeña escala con pensamiento sistémico, para el desarrollo de estrategias de formalización para el negocio minero

Juliana Pérez Monsalve

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Ingeniería – Ingeniería de Sistemas

Director (a):

Ph.D., Santiago Arango Aramburo

Codirector:

Ph.D., Antonio José Romero Hernández

Línea de Investigación:

Investigación de Operaciones

Grupo de Investigación:

Observatorio ÍGNEA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2018

Agradecimientos

Mediante estas cortas líneas de texto quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a los profesores, quienes además de guías y consejeros, fueron parte fundamental para la realización de este trabajo. Sin su ayuda, no hubiese sido posible cimentar las bases ni desarrollar mi proyecto de estudio.

A mi profesor Santiago Arango Aramburo, quien me motivó a desarrollar esta labor le agradezco su entusiasmo, dedicación y rigurosidad para conmigo y mi trabajo. La experiencia de realizar este trabajo con su apoyo y compromiso, fue de valiosa importancia para mi desarrollo como persona y profesional.

A mi profesor Antonio José Romero Hernández quiero darle mis agradecimientos especiales. Por su tiempo, disposición y ayuda en las dificultades que un proyecto como este acarrea. A él, ya que ha sido mi mentor, muchas gracias.

A mi profesora Gloria Patricia Jaramillo Álvarez, quien me inspiró y me introdujo a un nuevo mundo de conocimientos desconocidos para mí. Me enseñó la importancia del orden, la investigación y la naturalidad.

Resumen

En el presente trabajo final de maestría, se describen y analizan las problemáticas de la informalidad presente en la minería de pequeña escala, y como estas condiciones las convierten en organizaciones inviables técnica, económica, ambiental, social y laboralmente, y como los procesos de formalización han contribuido o no a que puedan convertirse en fuentes reales de oportunidades para sus territorios y sus comunidades.

El objetivo fue abordado utilizando primero la metodología de árboles de decisión para analizar las razones de por qué los pequeños mineros prefieren operar informalmente, y luego la metodologías de pensamiento sistémico para comprender los resultados ineficaces de los programas de formalización, identificando con esto los elementos estructurales que permitan formular estrategias y recomendaciones para la gestión del negocio de la minería a pequeña escala.

Los resultados del análisis proponen el desafío de propiciar un desarrollo integral de las regiones a partir del aprovechamiento de los recursos naturales con el fortalecimiento de esta actividad, generación de nuevas unidades de negocios sostenibles, en lo técnico, ambiental, social, laboral y económico.

Palabras clave: Arquetipo sistémico, árboles de decisión, comportamiento contraintuitivo, sistema social

Abstract

In this paper, we describe and analyze the problems of informality present in small-scale mining, and how these conditions make them unviable technical, economic, environmental, social and labor, and how formalization processes have contributed or not that they can become real sources of opportunities for their territories and their communities.

The objective was addressed by first using the decision tree methodology to analyze the reasons why small-scale miners prefer to operate informally, and then systemic thinking methodologies to understand the ineffective results of formalization programs, thereby identifying the structural elements that allow the formulation of strategies and recommendations for the management of the small-scale mining business.

The results of the analysis propose the challenge of promoting an integral development of the regions based on the use of natural resources with the strengthening of this activity, generation of new sustainable business units, technically, environmentally, socially, laborly and economically.

Keywords: Systemic archetype, decision trees, counterintuitive behavior, social system

Contenido

	Pág.
Resumen.....	VII
Lista de ilustraciones.....	XI
Lista de tablas.....	XII
Lista de abreviaturas.....	XIII
Introducción.....	1
1. Herramientas de modelamiento de las problemáticas de la informalidad en la minería de pequeña escala.....	7
1.1 Toma de decisiones.....	7
1.1.1 Herramienta árboles de decisión.....	8
1.1.2 Experimentos con árboles de decisión.....	9
1.1.3 Metodología propuesta.....	10
1.2 Pensamiento sistémico (PS).....	11
1.2.1 Experimentos con arquetipos sistémicos.....	12
1.2.2 Metodología propuesta.....	13
2. Descripción del problema de la informalidad en la minería de pequeña escala	15
2.1 Descubrimiento y diagnóstico.....	15
2.2 Teorías de ¿por qué las personas prefieren operar informalmente en este sector?.....	18
2.3 Teorías de ¿por qué han fracasado los programas de formalización?.....	21
2.4 Conclusión del problema y plan de acción.....	23
3. Árboles de decisión para la decisión de formalización de la actividad minera de pequeña escala.....	25
3.1 Objetivo.....	25
3.2 Información.....	25
3.3 Elementos del problema de decisión.....	26
3.4 Supuestos.....	28
3.5 Árbol de decisiones.....	34
3.6 Resultados.....	37
4. Aplicación de arquetipos sistémicos.....	43
4.1 Arquetipo soluciones contraproducentes.....	43
4.1.1 El ciclo balance.....	43
4.1.2 El ciclo de refuerzo.....	45

X	Análisis de la informalidad de la minería de pequeña escala con pensamiento sistémico, para el desarrollo de estrategias de formalización para el negocio minero	
---	--	--

4.2	Arquetipo adicción	47
5.	Conclusiones y recomendaciones	53
5.1	Conclusiones	53
5.2	Recomendaciones	55
A.	Anexo: Mirada al proceso de formalización desde la normatividad de la actividad minera en Colombia.....	59
	Bibliografía	71

Lista de ilustraciones

	Pág.
Ilustración 2-1: Comportamientos del pequeño minero, como respuesta a las acciones de formalización.....	18
Ilustración 2-2: Comportamientos del pequeño minero al implementar tecnologías	19
Ilustración 2-3: Comportamientos del pequeño minero ante el reto del emprendimiento.	20
Ilustración 2-4: Comportamientos en los procesos de formalización	23
Ilustración 3-1: La decisión de legalizarse o no	35
Ilustración 3-2: Resultados de seguir ilegal	35
Ilustración 3-3: Resultados de iniciar proceso de formalización parte 1	36
Ilustración 3-4: Resultados de iniciar proceso de formalización parte 2	36
Ilustración 3-5: Resultados de iniciar proceso de formalización parte 3	37
Ilustración 3-6: Análisis de sensibilidad Probabilidad de los operativos	38
Ilustración 3-7: Análisis de sensibilidad Deuda de regalías.....	38
Ilustración 3-8: Análisis de sensibilidad Realizar PTO y PMA.....	39
Ilustración 3-9: Análisis de sensibilidad Subsanación de documentos	39
Ilustración 4-1: Comportamiento esperado de los programas de formalización.....	44
Ilustración 4-2: Ciclo de formalización.....	45
Ilustración 4-3: Arquetipo Arreglos que fallan- Programas de legalización.....	46
Ilustración 4-4: Comportamiento cuando la solución a la informalidad es tener el título ..	47
Ilustración 4-5: Arquetipo de adicción a los procesos de formalización.....	48
Ilustración 4-6: Comportamiento de adicción.....	50

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Algunas aplicaciones de los árboles de decisión en el sector minero.....	9
Tabla 1-2: Algunas aplicaciones de arquetipos sistémicos y diagramas causales en el sector minero	12
Tabla 2-1: Lista de factores clave que parecen sintetizar el problema de la informalidad en la pequeña minería	15
Tabla 2-2: Resultados de avance del programa de formalización	22
Tabla 3-1: Datos de unidad minera caracterizada	28
Tabla 3-2: Inversiones, costos y gastos minería informal.....	29
Tabla 3-3: Estado de resultados Escenario Producción positiva	30
Tabla 3-4. Estado de resultados Escenario Bajos niveles de productividad	31
Tabla 3-5. Estado de resultados Escenario de Producción con cero utilidades	32
Tabla 3-6: Flujo de caja Escenario Producción informal positiva	32
Tabla 3-7: Cálculo de duración del proceso de formalización.....	33

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
--------------------	----------------

1. <i>PS</i>	Pensamiento sistémico
2. <i>DS</i>	Dinámica de sistemas
3. <i>AD</i>	Árboles de decisión
4. <i>MAPE</i>	Minería artesanal y de pequeña escala
5. <i>ASM</i>	Minería artesanal y de pequeña escala

Introducción

La situación de la minería mundialmente está caracterizada por limitaciones en los terrenos para explorar, nuevas prioridades de minerales debido a aplicaciones estratégicas, limitaciones de tipo ambiental, social y técnicas en la explotación, zonas conflictivas recientes, conflictos sociales y ambientales que afectan la minería, baja de los precios de los minerales, bajas demandas de minerales y nuevas exigencias de responsabilidad social empresarial. Aunque el desarrollo minero parte de una potencialidad de recursos minerales, como cualquier actividad económica, se requiere además de un adecuado y actualizado marco legal, un desarrollo institucional para los procesos de fiscalización, control y acompañamiento, conocimiento del territorio, recurso humano capacitado e infraestructura moderna, para enfrentar los temas que puedan marcar diferencia a la hora de mejorar la productividad, innovar y ampliar los mercados. Esta mezcla de aspectos hace de la minería un sistema complejo importante de estudio de la toma de decisiones.

El último censo departamental minero realizado durante los años 2010 y 2011 (Ministerio de Minas y Energía, 2012), tenía como objetivo conocer las condiciones técnicas, socioeconómicas, organizacionales, administrativas entre otros, de las Unidades de Producción Minera de 23 de los 32 departamentos del territorio nacional. Este reveló que el 72% de todas las operaciones mineras en Colombia se clasifican como “Minería Artesanal y de Pequeña Escala” (MAPE). A pesar de este esfuerzo por evaluar el estado de esta actividad, la minería en pequeña escala en Colombia, es una minería que no sabemos qué tan importante realmente es, y es la vocación de muchas zonas y la fuente de ingresos de muchas personas en condiciones muy precarias, pero especialmente es una minería que no tiene una fundamentación empresarial y económica. Hace falta continuar mejorando el diagnóstico de esta minería y definir qué es lo que requerimos para estimularla, apoyarla o para sacarla del sector.

La existencia de bajos niveles de formalización de esta actividad minera en aspectos legales, técnicos mineros, ambientales, económicos, tributarios, sociales y laborales, y la

presencia de grupos irregulares, traen como consecuencia, impactos sociales negativos (pobreza y bajos índices de desarrollo humano), en las regiones donde se desarrolla. Este fenómeno es conocido como la trampa de la pobreza (Adrián & Isaza, 2013), donde zonas con recurso con valores altos económicos conllevan a la pobreza de las poblaciones cercanas. Ejemplo de esto son los resultados del Censo Departamental Minero, que revela que el 63% de las operaciones censadas carecen de título legal inscrito en el Registro Minero Nacional, 65% no pagan regalías, 72% no implementan algún tipo de acción de seguridad, higiene y salud ocupacional, 75.7% no tienen autorización ni permisos ambientales, en general no tienen ningún tipo de herramienta empresarial y sólo el 27.6% pertenecen al régimen contributivo. En cuanto a las 102.742 personas censadas, el 3.5% son técnicos / tecnólogos, el 2.7% son profesionales, y la gran mayoría sólo terminaron la primaria; la forma de contratación con mayor porcentaje es el destajo con 41.4% y la forma de pago con mayor porcentaje es el efectivo con 64%.

Sumado a estos problemas, de acuerdo con el informe de gestión 2017 de la Agencia Nacional de Minería, durante el periodo comprendido entre los años 2005 y 2017 acumulado hasta el 31 de agosto de 2017 (“Emergencias Mineras | Agencia Nacional de Minería ANM,” n.d.), en el país, se reportaron mil dos (1002) emergencias, y aunque han sido clasificadas de acuerdo al estado de legalidad de las minas, y han reportado un 71% de emergencias en la minería legal y un 29% en la minería ilegal, se evidencia un aumento en las emergencias reportadas en la minería ilegal, y extraoficialmente, es probable que haya cientos sino miles de muertes y emergencias no reportadas en la minería ilegal.

Con lo anterior se evidencia que esta actividad sin el cumplimiento de requisitos mínimos tales como planes de trabajos y obras, licencia ambiental, normas de seguridad, uso de buenas prácticas laborales y sociales, pago de contraprestaciones, entre otras, la configuran como una labor inestable, ineficiente y riesgosa para la población que la ejerce.

La explotación de los recursos naturales, es de reconocida importancia en el marco del desarrollo sostenible de los territorios, y se reconoce que esta minería tiene un potencial para aliviar la pobreza y ser una herramienta para el desarrollo sostenible de los territorios, como lo analizan expertos de la industria en el libro *Mining and the Environment from ore to metal*, (Spitz & Trudinger, 2009). Esto implica que los proyectos mineros de pequeña escala podrían ser fuente de oportunidades para los territorios y sus actores; lo cual

dependerá de hacer frente a sus desafíos estructurales para mejorar las oportunidades del sector y lograr su desarrollo sostenible.

Los proyectos mineros en Colombia podrían ser fuentes de oportunidades para los territorios y las comunidades. La responsabilidad de esta industria con la economía, está en fortalecer el desarrollo económico y la competitividad región, por esto el reto está en apoyar el desarrollo minero de los territorios mediante la integración de una propuesta técnica y empresarial que garantice la sostenibilidad de cada negocio minero. Una propuesta de formalización cuyo enfoque no es el esfuerzo de tener unidades legalizadas, sino la construcción de unidades empresariales, una propuesta que permita mejorar su productividad, innovar, ampliar sus mercados, conduciéndolas a un estado de viabilidad económica, social y ambiental.

Al identificar las oportunidades y retos que enfrentan las operaciones mineras de pequeña escala, y evidenciar las problemáticas de la informalidad y los impactos económicos, sociales, ambientales y laborales que traen, se puede describir esta actividad como un sistema complejo, que presenta problemas importantes, crónicos y que aunque conocidos, han sido abordados sin éxito, como lo muestran los ineficaces resultados producidos por los programas de gobierno. En la historia de los procesos de formalización de esta actividad, se han aprobado programas prometedores, pero como lo muestran los resultados de avance del programa de formalización del reciente estudio realizado por la Contraloría General de la República “FORMALIZACIÓN DE LA MINERÍA EN COLOMBIA 2010- 2016” (Contraloría general de la república, 2017), de un total de 2.600 Unidades Productivas Mineras – UPM, el resultado entre 2010 y 2016 es de 765 UPM en Grado 1, pero este avance logrado en la formalización de estas UPM en grado básico, no implica la tenencia o amparo de título y no constituye formalización.

A menudo los resultados no son lo deseado ni lo esperado. En ocasiones los programas del gobierno provocan resultados totalmente contrarios debido a que los sistemas son reactivos y no comprenden apropiadamente las relaciones y el comportamiento dinámico de los sistemas sociales complejos como el minero. Cómo lo explica JAY W. FORRESTER, en su estudio de comportamientos contra intuitivos de los sistemas sociales (Forrester, 1971), los intentos por desarrollar programas correctivos a problemas sociales seguirán siendo decepcionantes si no logramos un mejor entendimiento público de los sistemas

sociales. El campo de la dinámica de sistemas y ciencias de la decisión, pueden explicar por qué los resultados son contradictorios, y cómo diferentes eventos conducen a la toma de decisiones equívocas al enfrentarse a sistemas complejos y altamente interactivos.

Este trabajo final de maestría busca un mejor entendimiento de cómo funciona el sistema informal de la pequeña minería, con el fin de que cuando entendamos su comportamiento sistémico, podamos anticipar ese comportamiento y funcionar de una manera más efectiva en los programas de formalización para el futuro.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera:

1. En el primer capítulo se hace una descripción y análisis de herramientas que permiten modelar los sistemas asociados a las problemáticas de la minería informal de pequeña escala. Se hace un énfasis mayor en los conceptos de las herramientas de pensamiento sistémico (PS) y árboles de decisiones (AD), que pretenden ser utilizadas para identificar elementos estructurales que permitan formular estrategias y recomendaciones para la gestión de la minería a pequeña escala.
2. En el segundo capítulo, se analiza el contexto, la magnitud y el alcance de los desafíos que la pequeña minería tiene para contribuir al desarrollo sostenible, y se presentan los conceptos de definición y características de la minería objeto de este trabajo, el potencial que tiene la minería de pequeña escala para desarrollar los territorios en los cuales interviene, y un análisis de proceso de formalización asociado a esta actividad.
3. En el tercer capítulo se desarrollan árboles de decisiones, como herramienta de decisiones bajo incertidumbre, que considera de manera integrada la secuencia de las decisiones de una Unidad productiva minera, para decidir si continúa siendo informal o avanzar gradualmente a los Grados 2 y 3, o dejar el negocio, analizar los posibles resultados asociados con cada alternativa, las asignaciones de probabilidad, los efectos monetarios y las utilidades.

4. En el cuarto capítulo se aplican herramientas de Pensamiento Sistémico, a través del uso de arquetipos sistémicos (Kim, 1992, 1994a, 1994b, 2000), con el fin de identificar comportamientos contra intuitivos en los procesos de formalización, es decir, como estos procesos y/o programas tienden a estudiar los síntomas y no las causas, cuyo efecto puede ser algo totalmente diferente a lo que se esperaba en un principio. Lo anterior con el fin de lograr un mejor entendimiento del comportamiento dinámico de este sistema.

5. Los resultados de los ejercicios anteriores, se constituyen en insumos relevantes para finalmente presentar recomendaciones que permitan mejorar la gestión del negocio minero y que contribuya al desarrollo sostenible de los territorios donde se desarrollan estas actividades mineras.

1. Herramientas de modelamiento de las problemáticas de la informalidad en la minería de pequeña escala

Los resultados económicos y sociales del desarrollo minero se pueden mejorar, con la toma de decisiones informadas, el análisis sistémico de las políticas y el uso de buenas prácticas. Según (Sinan Erzurumlu & Erzurumlu, 2014) los enfoques convencionales han fracasado en responder a las necesidades de la comunidad cuando estas no participan en la toma de decisiones, y en consecuencia, propone que los nuevos enfoques de desarrollo para la participación de la comunidad y la sostenibilidad tienen que reconocer la naturaleza compleja de los sistemas sociales en los que existe sector minero.

En este capítulo se describen brevemente las herramientas de pensamiento sistémico y de toma de decisiones, que se usarán para modelar las problemáticas de la informalidad en la pequeña minería, y que permiten ampliar nuestro pensamiento y ayudar a articular el problema de maneras nuevas y diferentes, con el fin de tomar decisiones informadas.

1.1 Toma de decisiones

Para el análisis de decisiones existen modelos matemáticos que representan el sistema real, y que permite analizarlo y experimentar con él, de tal forma que permita ver su comportamiento y sirva de apoyo a la toma de decisiones. Dependiendo del tipo de problema, existen los siguientes métodos que pueden usarse para apoyar el análisis en la toma de decisiones y para encontrar la mejor solución o la mejor alternativa seleccionada: optimización, simulación, análisis multicriterio árboles de decisión y teoría de juegos entre otras.

Para este trabajo se seleccionan dos herramientas aptas para el problema de análisis, como lo son árboles de decisión y pensamiento sistémico. Consideramos inicialmente los árboles de decisión, donde en las decisiones bajo riesgo, está presente la complejidad. Para estos casos según (Smith et al., 2000), existe la herramienta llamada “árboles de decisión”, que facilita considerar de manera integrada la secuencia de las decisiones, los posibles resultados asociados con cada alternativa, las asignaciones de probabilidad, los efectos monetarios y las utilidades.

1.1.1 Herramienta árboles de decisión

Los árboles de decisión son grafos que se construyen a partir de la descripción narrativa de un problema, y representan un proceso de decisión en forma extensiva, y facilita considerar de manera integrada la secuencia de las decisiones, los posibles resultados asociados a cada alternativa, las asignaciones de probabilidad, los efectos monetarios y las utilidades.(Sierra Vélez, 2017)

Cada vez que se ejecuta este tipo de modelo, se sigue un solo camino dependiendo del valor actual de la variable evaluada, permitiendo analizar las posibles consecuencias de las decisiones tomadas, y brindando un marco de trabajo para cuantificar los valores de los resultados y las probabilidades para alcanzarlos. Un árbol gráficamente se representa por el siguiente conjunto de elementos:

- Nodos de decisión de donde parten tantas ramas como acciones posibles del decisor existan, y que representan la gama de acciones posibles que se tienen para buscar sus objetivos
- Nodos aleatorios de donde se desprenden ramas que representan los posibles eventos futuros que influirán en las consecuencias de las decisiones y que no son controladas por el decisor, pero pueden ser valoradas y analizadas. Esta valoración puede ser cuantitativa o cualitativa a cada alternativa, hojas y ramas.
- Cada alternativa se valora mediante atributos, o características que pueden valorar el grado en que cada alternativa logra el objetivo. Las ramas que salen de cada uno de estos nodos se encuentran etiquetadas con los posibles valores del atributo.

- Los nodos finales o nodos hoja corresponden a una decisión, la cual coincide con una de las variables del problema a resolver.

1.1.2 Experimentos con árboles de decisión

Los árboles de decisión en la toma de decisiones en el sector minero se han utilizado principalmente en valoración de empresas y proyectos, decisiones financieras de la empresa, desarrollos de nuevos productos y procesos, y evaluación de riesgos. El criterio de decisión se basa en maximizar el valor esperado. A continuación, se muestran algunas aplicaciones encontradas en la literatura:

Tabla 1-1: Algunas aplicaciones de los árboles de decisión en el sector minero

Referencia	Título	Objetivo	Area geográfica
(Nicolás et al., 2014)	Árbol de decisión para la gestión y control del costo de transporte interior mina	Identificar cuáles los controles y/o decisiones estratégicas para ayudar a revertir, controlar, apaciguar el impacto en el costo de la operación mina	
(Turpo, 2015)	Mejoramiento de la productividad en operaciones de movimiento de materiales mediante la técnica del árbol de decisiones y factor de acoplamiento proyecto inmaculada	Identificar las causas que permitan que las operaciones sean óptimas, y así una vez identificadas se podrá tomar medidas que ayuden a eliminar o minimizar su incidencia en la productividad, con el fin de mejorar y elevar los indicadores de rendimiento.	Perú
(Sanmiquel, Rossell, & Vintró, 2015)	Study of Spanish mining accidents using data mining techniques	Analizar las principales causas de accidentes ocupacionales en el sector minero, para analizar cómo puede ayudar a desarrollar políticas de prevención adecuadas para reducir lesiones y muertes.	España
(Adelaida, Echeverri, María, Moreno, & Rodas Vélez, 2013)	Aplicación de Árboles de Decisión para la valoración de compañías de minería aluvial	Concluir sobre la viabilidad de aplicación de la metodología de Árboles de Decisión en la valoración de compañías de minería aluvial.	Colombia
(La, De Tesis, Arturo, & Soto, 2006)	Análisis de riesgo y toma de decisiones estratégicas en proyectos mineros	Estudiar la factibilidad de profundizar la mina, incorporando entendimientos de orden técnico y económico, que coadyuvaran a una mejor toma de decisiones estratégicas, explicitando los riesgos asociados	Perú

1.1.3 Metodología propuesta

Primero se identifica el problema de decisión, los objetivos y sus elementos básicos de esta decisión:

- El decisor.
- La información útil al análisis.
- Los posibles eventos futuros.
- Objetivos de la decisión, lo que se busca y cómo se evalúa.
- Las alternativas o acciones posibles que se tienen para buscar sus objetivos.
- Las consecuencias de la decisión, en cuanto a beneficios o perjuicios ocasionados en el futuro por las decisiones tomadas en el presente.
- Las características o atributos que pueden valorar el grado en que cada alternativa logra un objetivo.

Luego se escribe el árbol en forma cronológica, describiendo decisiones y procesos en el orden que tienen lugar. Se asignan probabilidades a las ramas que parten de los nodos aleatorios, en este caso, subjetivas apoyándose en experiencias anteriores y en el criterio de expertos, y se asignan las utilidades o costos a las ramas finales del árbol.

Finalmente se procede desde las ramas finales hacia la base tomando valores esperados en los nodos aleatorios, y buscando maximizar el nodo de decisión, para determinar las mejores condiciones de la decisión. La mejor alternativa es la que tiene el mayor valor promedio de beneficios. El criterio de mejor valor esperado tiene la ventaja de que se usa la ley de probabilidad y es útil si los eventos se repiten muchas veces en el tiempo, pero no considera la variabilidad, es decir, que los eventos extremos tienen la misma importancia a pesar de sus potenciales impactos catastróficos e irreversibles.

Para el desarrollo del árbol de decisiones, se utiliza el software PrecisionTree, incluido en el conjunto de herramientas de análisis de riesgos y decisiones de Pasisade Software.

1.2 Pensamiento sistémico (PS)

El Pensamiento Sistémico (PS) según Peter Senge en su libro “La quinta disciplina”, expresa que “el PS es un marco conceptual, un cuerpo de conocimientos y herramientas que se han desarrollado en los últimos 50 años, para que los patrones de conducta resulten más claros, y para ayudarnos a modificarlos” (Senge, 1990). En el pensamiento sistémico, la herramienta de los arquetipos sistémicos se basa en una metodología general, desarrollada en el MIT en los últimos 40 años, que se llama dinámica de sistemas y procura entender cómo la estructura de realimentación de los sistemas complejos genera pautas de conducta. La metodología se basa a su vez en la teoría de los sistemas complejos de realimentación que se ha desarrollado en ingeniería en el último siglo y medio. (Communications, 2008; Kim, 1999; Liévano & Londoño, 2012) El pensamiento sistémico es valioso para contar historias convincentes que describen cómo funciona un sistema, desarrollando imágenes compartidas, o historias, de una situación, para identificar, describir y comunicar la comprensión del sistema.

Existen al menos 10 tipos distintos de herramientas de pensamiento de sistemas y se clasifican en cuatro grandes categorías: herramientas de intercambio de ideas, herramientas de pensamiento dinámico, herramientas de pensamiento estructural y herramientas basadas en computadoras. Aunque cada una de las herramientas está diseñada para ser independiente, también se complementan entre sí y se pueden usar en combinación para lograr una comprensión más profunda del comportamiento dinámico (Kim, 1994b). Para este trabajo se selecciona la categoría de “Herramientas de pensamiento dinámico” compuestas por:

- Gráfico de comportamiento a lo largo del tiempo: usados para graficar el comportamiento de cada variable a lo largo del tiempo y obtener información sobre cualquier interrelación entre ellas.
- Diagramas causales: usados para capturar cómo las variables en un sistema están interrelacionadas, utilizando vínculos de causa y efecto.
- Arquetipos sistémicos: diagramas que ayudarían a catalogar las conductas más comunes, y permiten verificar y clarificar modelos mentales acerca los sistemas. (Kim, 1992, 1994a, 2000)

1.2.1 Experimentos con arquetipos sistémicos

Los arquetipos sistémicos en el sector minero se han utilizado para estructurar el entendimiento de las realidades, constituir las bases para estudios posteriores de modelamiento y definir los comportamientos de los sistemas. A continuación, se muestran algunas aplicaciones encontradas en la literatura:

Tabla 1-2: Algunas aplicaciones de arquetipos sistémicos y diagramas causales en el sector minero

Referencia	Título	Objetivo	Area geográfica y arquetipo
(Delgado Álvarez, Aramburo, & Hernández, 2014)	Una propuesta sistémica para el análisis de la productividad de un proceso minero aurífero colombiano	Analizar la complejidad, desarrollando un modelo de dinámica de sistemas (DS) que permite la caracterización del sistema y la evaluación de políticas para el mejoramiento de la productividad de un proceso minero aurífero en Colombia	Colombia
(De Sistemas, Edwin, & Ramos, 1996)	Comprensión Dinámica de los Campamentos Mineros, Hacia un Nuevo Paradigma	La evolución de los campamentos mineros, generaron desventajas para la mina, el trabajador y el entorno. La investigación está orientada a la definición del problema, analizando la razón de ser de los campamentos y cuestionando sus fundamentos. La tesis presenta una alternativa que considera la mina y su entorno geográfico, lo que permitirá generar un desarrollo más equilibrado e integral.	Perú Soluciones contraproducentes y desplazamiento de carga
(González Serna, Castañeda Gómez, Patricia, & Ramírez, 2017)	La economía extractiva y la economía tradicional en el municipio de Mutatá. una aproximación sistémica en perspectiva de impactos socioambientales	Explicar en perspectiva del análisis sistémico y a través de diagramas causales, los impactos de las economías extractiva y tradicional para la preservación de los recursos naturales y la reproducción de poblaciones en el territorio local del Municipio de Mutatá, subregión del Urabá, departamento de Antioquia	Colombia
(Adrián & Isaza, 2013)	The Tragedy of the Commons in Artisanal Gold Mining: Evaluation of Mechanisms of	Promover la acción colectiva – asociación empresarial– en la minería aurífera artesanal y de pequeña escala. Bajo este esquema de asociación se pretende, entre otros, reunir el capital financiero necesario para obtener el tipo	Colombia Tragedia del terreno común

	Cooperation with Simulation and Economic Experiments	de tecnologías que permiten reducir el uso de mercurio en el proceso de recuperación de oro, así como los efectos nocivos que la contaminación por mercurio produce en ecosistemas y la salud humana. Dado el dilema de tipo bien público que enfrentan estos individuos, se estudian posibles arreglos institucionales bajo los cuales se promueva la asociación empresarial.	
(Phsn. Tuan, 2008)	A Simulation of the Illegal Coal Mining in Quang Ninh Province, Vietnam using Vensim	Simulación de la extracción ilegal de carbón. Al examinar los tres bucles principales, incluida la necesidad del efecto ingreso, la aplicación del gobierno y los efectos del manejo del carbón y otros efectos (densidad ilegal, tecnología, comunidad y efectos psicológicos), el documento esboza varios escenarios bajo diferentes niveles de las variables clave.	Vietnam

1.2.2 Metodología propuesta

Primero se describe el problema particular a tratar de la minería informal, identificando los personajes y los principales factores que parecen sintetizar el problema. Esta descripción se hace sin orientarla hacia determinada solución, pues el PS es un proceso de descubrimiento y diagnóstico, y aún no se sabe por qué se presenta esta situación.

Para apoyar esta exploración del problema, se utilizan diagramas de pautas de comportamiento, y luego se buscan relaciones entre estos gráficos con el fin de que nos permitan elaborar una teoría o hipótesis que permita explicar por qué el sistema está generando problemas.

En segundo lugar se describe esta hipótesis desde ciclos y se trata de adecuar los elementos de la historia al arquetipo, para verificar las pautas de conducta que se esperaría ver. Por último se proponen estrategias para la situación descrita. Para el desarrollo de los diagramas causales, se utiliza el software Vensim.

2. Descripción del problema de la informalidad en la minería de pequeña escala

El objetivo de este capítulo es preparar el terreno para una comprensión sistémica de la situación actual del estado de informalidad de la pequeña minería, y para esto se describen y analizan los principales factores que parecen ser cruciales para los problemas que enfrentamos, pero aún sin sugerir soluciones que nos lleven a conclusiones apresuradas.

2.1 Descubrimiento y diagnóstico

La minería artesanal y de pequeña escala se caracteriza a nivel mundial por presentar problemas importantes, crónicos, conocidos y que han sido abordados sin éxito, que traen impactos económicos, sociales, ambientales y laborales. Algunos de los estos problemas identificados en la literatura son:

Tabla 2-1: Lista de factores clave que parecen sintetizar el problema de la informalidad en la pequeña minería

Referencia	Título	Factores
(ILO, 2002)	FACTS ON Small-Scale Mining	Reciben poca supervisión y apoyo de las autoridades
		Explotan en zonas rurales remotas, lo que hace difícil llevar los productos al mercado
		Trabajo intensivo y peligroso
		Causa daños significativos a la salud pública y al medio ambiente
		Seguridad y salud: exposición al polvo, mercurio, mala ventilación, espacio inadecuado, exceso de esfuerzo, explosiones, rocas caídas, mal equipo...
(MMSD, 2002)	Global Report on Artisanal & Small-Scale Mining	Altos costos ambientales
		Pobre historial de salud y seguridad
		Se ve como un negocio sucio, poco rentable y fundamentalmente insostenible
		Calificación deficiente del personal en todos los niveles de operación
		Bajo nivel de productividad

		<p>Bajo nivel de salarios e ingresos</p> <p>Falta de seguridad social</p> <p>Insuficiente consideración de las cuestiones ambientales</p> <p>Falta crónica de capital de trabajo y de inversión</p> <p>Trabajando sin título minero</p> <p>Falta de depósitos minerales apropiados</p> <p>Falta de información sobre los yacimientos</p> <p>Uso de mano de obra intensiva</p> <p>Altas pérdidas de valores y tiempos</p> <p>Falta de transparencia de mercados</p> <p>Falta de contratos por escrito</p> <p>Mala imagen social de la minería</p> <p>Falta de conocimiento sobre principios económicos, créditos, aspectos financieros</p> <p>Mentalidad de jugador</p> <p>Coordinación o cooperación difícil debido a la dispersión de las minas</p> <p>Acceso al mercado sólo a través de intermediarios</p> <p>Barreras del mercado</p> <p>Regulaciones del mercado</p> <p>Dificultades en la preparación de bajo costo de estudios de viabilidad</p> <p>Decisiones de inversión no económicas</p> <p>Falta de contabilidad y cálculo de costos</p> <p>Alta carga impositiva y de regalías</p> <p>Acceso ilimitado a los inversionistas y capitales</p>
(Jennifer J Hinton, Veiga, & Veiga, 2003a)	Clean artisanal gold mining: a utopian approach?	Falta de planificación / control a largo plazo de la mina y el uso de técnicas rudimentarias
(Siegel & Veiga, 2009)	Artisanal and small-scale mining as an extralegal economy: De Soto and the redefinition of "formalization"	Falta de título
(Labonne, 2014)	Who is afraid of artisanal and small-scale mining (ASM)?	Existe una brecha entre la avalancha de acciones promovidas por la comunidad internacional para el fortalecimiento de la MAPE y el status quo de laissez-faire de muchos gobiernos de países en desarrollo
(Pantoja Timarán & Pantoja Barrios, 2016)	Problemas y desafíos de la minería de oro artesanal y en pequeña escala en Colombia	No se dispone de las técnicas adecuadas para el proceso productivo
		Intermediarios en el proceso de comercialización
		No se genera valor agregado

(Marshall & Veiga, 2017)	Teaching artisanal miners about mercury pollution using songs	Políticas deficientes responsables del problema de la contaminación por mercurio en el sector de la extracción de oro artesanal y en pequeña escala
		Falta de educación
(Hilson, Hilson, Maconachie, Mcquillen, & Goumandak oye, 2017)	Artisanal and small-scale mining (ASM) in sub-Saharan Africa: Re-conceptualizing formalization and 'illegal' activity	Las políticas de formalización impiden la formalización
(Marshall & Veiga, 2017)	Formalization of artisanal miners: Stop the train, we need to get off!	Regulación cargada de definiciones mineras confusas e inútiles
		No hay disposición de adoptar prácticas más limpias y sostenibles
		Conflictos entre los mineros tradicionales, informales e ilegales con los propietarios del título
		Resultados no fructíferos de los procesos de formalización
		Falta de capacidad de los Gobiernos para controlar la actividad
		Aumento de mineros informales
(Peluso, 2018)	Entangled Territories in Small-Scale Gold Mining Frontiers: Labor Practices, Property, and Secrets in Indonesian Gold Country	Operación dentro y fuera de límites urbanos
		No registrados, no regulados
		Hay una producción sin permisos y no regulada
		El estado ilegal e informal del sector no permite medir
		Deficiencia estatal
		La MIPE es un desperdicio completo de recursos humanos, naturales y pérdida de ingresos del gobierno

Vemos que la pequeña minería es informal cuando presenta debilidades en cuanto a la visión del negocio, capacidad de inversión, baja productividad explicada por la capacidad del capital humano y técnicas de operación, carencias en la gestión empresarial, y cuando presenta restricciones de infraestructura y acceso a los mercados. Sin embargo, la causa no es clara, ni mucho menos cuáles serán las estrategias de solución; por esto a continuación, se sigue indagando en los procesos que rigen los problemas vistos, con el fin de explicar por qué se presentan estas situaciones de informalidad que caracterizan la pequeña minería. Lo haremos enfrentando las siguientes preguntas:

- ¿Por qué las personas prefieren operar informalmente en este sector?
- ¿Por qué han fracasado los programas de formalización?

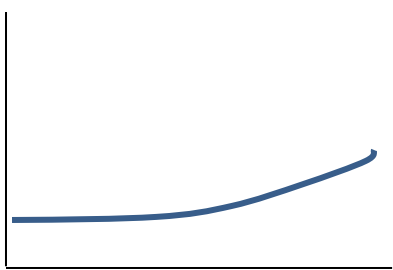
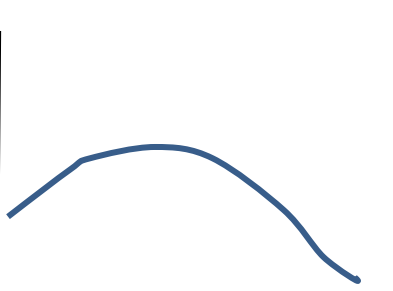
2.2 Teorías de ¿por qué las personas prefieren operar informalmente en este sector?

Según las Política Nacional para la formalización de la Minería en Colombia (Ministerio de Minas y Energía - Colombia, 2014) para ser grado 2 denominado Minería Formal se requiere cumplir con los requisitos de titulación, y alcanzar unos estándares técnicos, ambientales, sociales y laborales, y económicos, establecidos en un plan de mejoramiento, resultado de la caracterización realizada en el Grado 1, el cual es objeto de seguimiento y verificación por parte de las autoridades minera y ambiental, quienes finalmente aprueban o no su paso al siguiente nivel.

En las figuras 2-1, 2-2 y 2-3 se trata de dibujar gráficos acerca del problema, utilizando diagramas de pautas de conducta con el tiempo, donde consta la impresión de la tendencia general.

En cuanto a los derechos y responsabilidades

Ilustración 2-1: Comportamientos del pequeño minero, como respuesta a las acciones de formalización

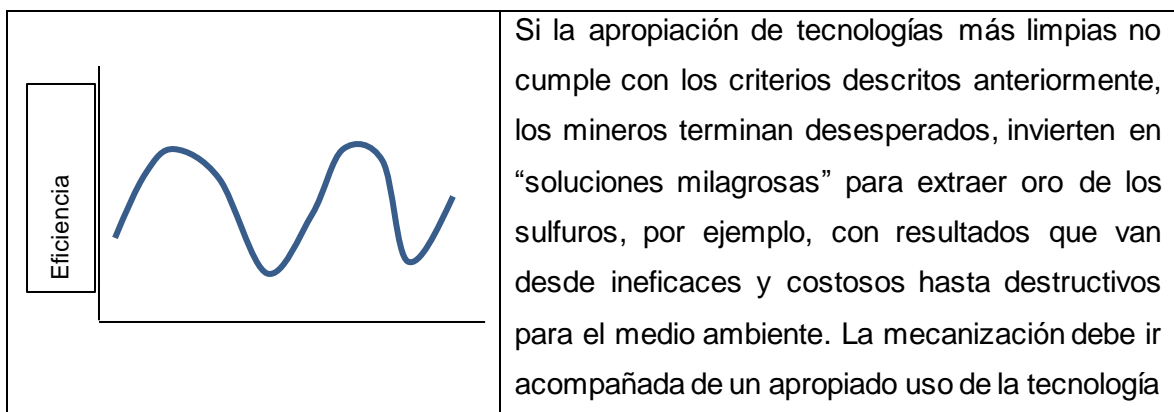
<p>Conocimiento de requisitos para formalización</p> 	<p>En los últimos años han existido programas de sensibilización y divulgación de la importancia del proceso de formalización y de los procesos para lograrlo. Se puede decir que el conocimiento, por parte de los pequeños mineros, de estos requisitos ha crecido en los últimos años.</p>
<p>Motivación para formalizarse</p> 	<p>Paralelo a este comportamiento podemos ver que existen quejas y reclamos de que estos procesos y procedimientos son cada vez más exigentes, dispendiosos y burocráticos, además de la crítica a la capacidad del Estado para cumplir los incentivos o sanciones al cumplimiento o no de los requisitos de estos programas, por lo que han perdido credibilidad</p>

El concepto de formalización no siempre es fácilmente aceptado por los mineros o el mismo estado. Las personas que viven en la informalidad pueden no preferir ser parte de la economía formal, ya que esto implicaría deberes y responsabilidades. Por lo anterior se han dedicado estudios a analizar el sector, entender las dinámicas de la MAPE, identificar oportunidades y presentar desafíos asociados al proceso de formalización, con el fin de avanzar hacia esfuerzos más inclusivos, entre ellos (Saldarriaga-Isaza, Villegas-Palacio, & Arango, 2013) (Verbrugge & Besmanos, 2016) (Meech, Veiga, & Angeloci, 2014) (Siegel & Veiga, 2009) (J.J. Hinton, 2005).

En cuanto a soluciones para mitigar los impactos ambientales y sociales

La mejora en las condiciones tecnológicas de una operación minera y su proceso de formalización significa para un minero según (Jennifer J Hinton, Veiga, & Veiga, 2003b), que el método debe ser rápido, fácil y barato, es decir, cualquier cambio debe ir acompañado de una rápida tasa de retorno, aumento de la simplicidad y una baja inversión. Otros aspectos prácticos, tales como la disponibilidad de los materiales y los costos de operación influyen en la adopción de cualquier nueva técnica.

Ilustración 2-2: Comportamientos del pequeño minero al implementar tecnologías

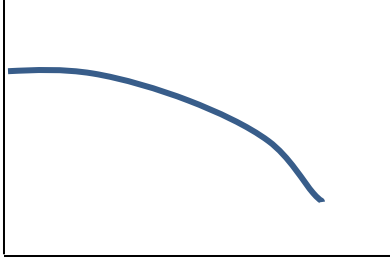
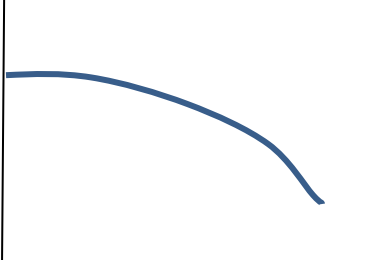
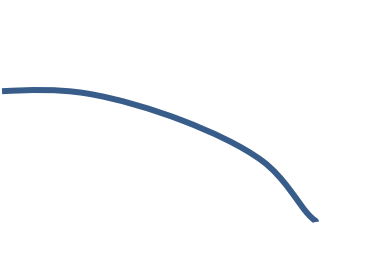


En cuanto al desafío de seguir siendo formal

Para que el trabajo de formalización se haga, los mineros deben ser “capitalizados” en formas que les permiten pasar de la minería artesanal transitoria, a la minería en pequeña y mediana escala más sostenible (Siegel & Veiga, 2009). Las alternativas técnicas derivadas de la minería formal o desarrollados específicamente para MAPE, deben ser examinados a fondo, probados previamente, debidamente modificados y transferidas

correctamente y así probablemente se transforme en una actividad sostenible económica y socialmente sostenible. (Jennifer J Hinton et al., 2003b)

Ilustración 2-3: Comportamientos del pequeño minero ante el reto del emprendimiento

<p>La voluntad para asumir riesgos empresariales</p> 	<p>Las características económico-empresariales predominantes en este tipo de minería se resumen en su baja rentabilidad, explicada, además de los factores técnicos por la aguda falta de capital de trabajo y de recursos financieros para la inversión, unido a las barreras bancarias para acceder a créditos. Por el lado de la disposición de recursos propios para inversión y crecimiento, el negocio no genera el flujo de caja suficiente, debido, en parte a la volatilidad de los mercados de los minerales (demanda y precios) y por otro lado, estas unidades mineras tienen dificultades para acceder a los mercados, no participan en la formación de precios sino que la comercialización de los minerales pasa por una serie de eslabones de intermediación, sin acceso directo del productor al consumidor final, dada la poca capacidad de negociación y su posición relegada en el mercado</p>
<p>Disposición de recursos propios para inversión</p> 	
<p>Nivel de innovación de la empresa</p> 	

2.3 Teorías de ¿por qué han fracasado los programas de formalización?

Las instituciones políticas reconocen que la legalización es un paso fundamental para lograr la formalización de la pequeña minería, especialmente porque trae beneficios inmediatos tanto para los operadores mineros como para los gobiernos. Estos últimos podrían incrementar las regalías y mejorar su posición para gobernar el sector. Mientras que para los operadores mineros, se espera que al obtener el título, se dé cumplimiento de las leyes, y se vengán consecuencias positivas como una mejor imagen, acceso a mercados, créditos y soporte técnico entre otros.

En el marco propuesto por (De Soto, 2000), los activos son propiedad física de una persona. El capital es la capacidad de representar activos como valores abstractos, siendo los títulos de propiedad el ejemplo fundamental. Tener un proceso para realizar transacciones de activos hace los activos "fungibles" es decir, que pueden ser negociados o transferidos. Aquí se resalta la importancia de la capitalización de la pequeña minería informal, considerando que, "los derechos de propiedad son la base de la reducción de la pobreza, que sirve como el primer paso para convertir los activos mineros en capital" (J.J. Hinton, 2005).

Teniendo en cuenta la corriente legalista presentada por De Soto, para que la formalización funcione, los mineros deben ser capitalizados, ya que el título es lo único que puede dar a los mineros el capital transferible contra el cual se pueden financiar los microcréditos, y así realizar mejoras operacionales, obtener apoyo gubernamental, tener una garantía para acceder a mejor tecnología, entre otros beneficios. Sin embargo, estos esquemas han perdido credibilidad y han sido criticados por su falta de resultados reales. Este tema ha sido analizado y criticado por autores como Shefa Siegel, Marcelo Veiga, Bruce Marshall, entre otros (Siegel & Veiga, 2009), (Marshall & Veiga, 2017).

En el caso colombiano, el estudio realizado por la Contraloría General de la República "FORMALIZACIÓN DE LA MINERÍA EN COLOMBIA 2010- 2016" (Contraloría general de la república, 2017), deja en evidencia el enfoque legalista que han tenido los programas de Formalización en Colombia en los últimos años, y muestra los resultados poco

fructíferos del programa de formalización y de los programas que lo precedieron. Algunos de estos resultados se presentan en la tabla 2-2:

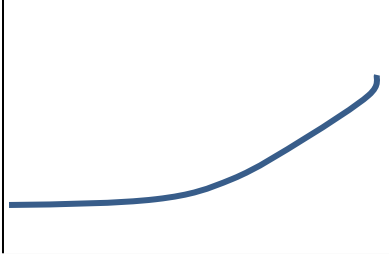

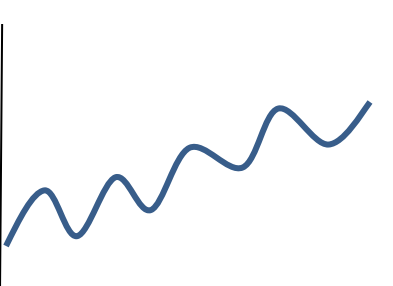
Tabla 2-2: Resultados de avance del programa de formalización

	Legalización de minería de hecho	Formalización de la minería tradicional	Programa de formalización de la minería
Fecha de vigencia	Desde el 2001 hasta la fecha	2010 hasta 2016	Desde el 2014 hasta la fecha
Resultado	158 minas legalizadas en 8 años	764 UPM en Grado 1 (de un total de 2.600 UPM) el avance logrado en la formalización de estas 764 UPM en Grado básico no implica la tenencia o amparo de título y no constituye formalización	
Recursos invertidos	\$14 mil millones corriente (cada legalización habría tenido un costo de \$ 88,6 millones sin tener en cuenta costos indirectos, con un promedio de 20 minas legalizadas por año)	\$54.163.587.528 Los costos del programa de Formalización por UPM reportadas en proceso de formalización Grado 1, con corte a diciembre de 2016, ascienden a \$ 70,89 millones.	
Solicitudes de legalización	212 (vigentes)	2.458 (hoy suspendidas)	

Buscando cuándo comenzó a regularse esta actividad, nos damos cuenta que este es un negocio sólido que es muy antiguo y ha sido pensado, replanteado y regulado a través de la historia. Ver anexo A. Mirada al proceso de formalización desde la normatividad de la actividad minera en Colombia. Pero a pesar de esto, vemos que se han creado conflictos con los programas de formalización, como la vulneración del derecho adquirido del titular minero que venía trabajando y de un momento a otro le solicitan el área para minería tradicional, o que desde que se presentaba la propuesta de formalización, podía continuar explotando, así estuviera sin título, o permitir que las personas que se presentaran con un formulario para formalizar continuaran haciendo minería hasta que la autoridad resolviera, es decir que se le permite la explotación ilícita, porque durante la cobertura de la propuesta y de la solicitud de formalización, podía seguir haciendo minería sin licencia ambiental, sin pago de regalías, sin consulta previa, en páramos, humedales... donde estuviera hasta que la autoridad resolviera.

En lo descrito anteriormente, existen tres pautas de conducta simultáneas:

Ilustración 2-4: Comportamientos en los procesos de formalización

<p>Esfuerzo en legalizarse</p> 	<p>Hay un esfuerzo por cumplir los requisitos legales de la formalización.</p>
<p>Esfuerzo en formalizarse en aspectos técnicos, ambientales, sociales y laborales</p> 	<p>Como hay una recompensa por legalizarse, esto hace que no se centren en sus problemas de producción sostenible, de seguridad, de conocimiento de sus recursos, entre otros.</p>
<p>Informalidad</p> 	<p>Se reconoce el esfuerzo por legalizarse, pero se les permite seguir operando mientras se resuelve la solicitud de formalización, y esta operación no cumple con los requisitos técnicos, ambientales, sociales, laborales, y económicos de la formalidad</p>

2.4 Conclusión del problema y plan de acción

La dinámica económica empresarial de la minería a pequeña escala e informal no viabiliza el desarrollo de los territorios. Esto debido a razones como el bajo nivel de salarios e ingresos de los trabajadores mineros y su bajo impacto en el cambio de las condiciones de vida de la población, el tamaño mismo de las operaciones, por la carencia de encadenamientos, alianzas, redes y relaciones de asociatividad que permitan obtener

economías de escala, manejo de mercados, poder de negociación, agregación de valor a los minerales mediante operaciones de beneficio y transformación, entre otras estrategias de desarrollo y fortalecimiento de los negocios mineros. En síntesis, en las regiones mineras donde predomina esta tipología de explotaciones se carece de una cultura con perfil empresarial que potencie la creación de riqueza a partir de los recursos naturales disponibles.

El panorama descrito requiere el análisis de soluciones integrales que estén orientadas a resolver de manera multidimensional las problemáticas anteriormente expuestas. Es por esto que en los dos próximos capítulos, utilizando primero AD y luego PS, identificaremos los elementos estructurales que permitan formular estrategias y recomendaciones para la gestión del negocio de la minería a pequeña escala.

3. Árboles de decisión para la decisión de formalización de la actividad minera de pequeña escala

En general los mineros informales en Colombia, aunque defienden su tradición minera, entienden que están invadiendo títulos de otras personas, o se encuentran en áreas de reservas forestales, o hasta se pueden encontrar en áreas del Estado que no se han adjudicado. Es por esto que quieren hacer las cosas bien y tienen el interés de legalizarse, para trabajar tranquilos, sin persecución del Estado y/o titulares.

3.1 Objetivo

Con este ejercicio de árboles de decisión, se busca comprender por qué los mineros informales, dudan en formalizar su actividad, describiendo la secuencia lógica del problema para analizar las variables que afectan la decisión de legalizarse o seguir operando como minero informal, luego de realizar la solicitud de formalización minera.

Estas dudas provienen de la falta de resultados, la desconfianza en estos procesos y la falta de capacidad para desarrollar el proyecto. Cuando se embarcan en estos procesos, llenos de expectativas y temores, confiados en poder resolver sus problemas, pero también llenos de debilidades como empresa, comienzan a sentir este proceso como una amenaza, como algo inservible.

3.2 Información

Para lograr el objetivo se representará el proceso de formalización, las decisiones y posibles resultados en este proceso, teniendo en cuenta:

1. Los procedimientos, tiempos y costos de la formalización presentados en la Política Nacional para la Formalización de la Minería en Colombia (Ministerio de Minas y Energía - Colombia, 2014)
2. Las cartillas para el proceso de formalización de la pequeña minería
 - a. Cartilla 1. Legalización de la pequeña minería (Somos tesoro & Alianza por la minería responsable, 2016)
 - b. Cartilla 2. Aspectos técnicos de la pequeña minería (Tesoro & Alianza por la minería responsable, 2016a)
 - c. Cartilla 3. Aspectos ambientales de la pequeña minería (Tesoro & Alianza por la minería responsable, 2016b)
 - d. Cartilla 4 Aspectos socio-laborales de la pequeña minería (Tesoro & Alianza por la minería responsable, 2016c)
 - e. Cartilla 5. Aspectos económicos y administrativos de la pequeña minería (Tesoro & Alianza por la minería responsable, 2016d)
3. Los resultados e información del proyecto “LABORATORIO DE FORMALIZACIÓN MINERA BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO”, Contrato 2013-SS-17-0002, celebrado entre la Universidad Nacional de Colombia y la Secretaría de Minas, GGC 54 2013 con Minminas, 9711 de 2013 con Corantioquia, que tenía por objeto “Realizar el estudio, la caracterización y priorización de unidades productivas mineras susceptibles de apoyo del estado para la posible legalización y formalización minera en la vigencia 2013 y continuar con el proceso de formalización de las unidades mineras que resulten viables de acuerdo con la caracterización realizada en el año 2012, atendiendo la particularidad de las explotaciones sin título de la subregión del Bajo Cauca”

3.3 Elementos del problema de decisión

Decisores: El responsable de la decisión es una Unidad productiva tradicionalmente minera del país, clasificada en el Grado 1_básico, es decir que está en el programa de formalización.

Alternativas: Las acciones posibles que tiene el decisor para buscar sus objetivos son decidir si continúa siendo informal o avanzar gradualmente a los Grados 2 y 3, o deja el negocio.

Criterios de elección: Maximizar utilidades. Los arboles de decisión solo permiten el análisis de la decisión bajo un único criterio decisión, el cual consiste en maximizar el valor esperado

Variables inciertas: Son los posibles eventos futuros que influirán en las consecuencias de nuestras decisiones, y corresponden a las acciones de la naturaleza o de otros grupos de personas diferentes al decisor, por lo que no son controladas por él, pero si pueden ser previamente valoradas y analizadas para evitar las malas consecuencias que podrían suceder.

- Causales de rechazo de la solicitud de formalización, en las diferentes etapas. (artículo 28- ejm. Área no libre, o en superposición, excluible de minería, no cumplimiento de requisitos)
- Aprobación o no de PTO y PMA.
- Disposición de negociación de los titulares.
- Tiempo de negociación.
- Acuerdos de negociación.
- Los conflictos sociales y de orden público.
- Fechas de operativos de la policía ambiental y de UNIMIL.
- Daños de infraestructura.
- Capacidad de los depósitos.

Variables ciertas.

- Tarifas.
- Impuestos.
- Costos mes.
- Producción mes.
- Tiempos máximos de las etapas del proceso de formalización
- Tenores promedios en la zona.

- Precio de venta en compraventas.
- Producción mensual.
- Costos mensuales.
- Requerimientos para ser formales.

3.4 Supuestos

Los beneficios o perjuicios de diferente naturaleza ocasionados en el futuro por las decisiones tomadas en el presente, se valoran cuantitativa y cualitativamente, y representan las consecuencias respecto a cada objetivo. Teniendo en cuenta la información de las referencias del punto 3.2, las variables ciertas e inciertas se construyen los siguientes supuestos para calcular los valores de los nodos de decisión y para estimar la probabilidad de cada línea derivada de un nodo círculo:

Supuesto 1

Partiremos del supuesto de que el decisor, el minero informal, posee una empresa con un capital de 2.000 millones de pesos colombianos, y se encuentra en el Bajo Cauca Antioqueño

Supuesto 2

Datos tomados del informe de caracterización de las UM del proyecto LABORATORIO DE FORMALIZACIÓN MINERA BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO

Tabla 3-1: Datos de unidad minera caracterizada

Item	Valor	Observación
Precio base	97.066,79	Establecido por el gobierno nacional
Tenores promedio en la zona	150 mg/m ³	
Área del título	225 Ha	Calculado teniendo en cuenta el costo de arrendamiento registrado en los datos, se comparó con el canon superficiario y se delimitó cuanto debía ser el área aproximada del título
% de regalía	0,04	Porcentaje de pago de regalías establecido por el gobierno nacional a través de las entidades encargadas

Producción informal positiva	14.400	Producción mensual
Producción Bajos niveles de productividad	10.800	Producción mensual
Producción con cero utilidades	8.400	Producción mensual

Supuesto 3

A continuación se hace un ejercicio de valoración, para calcular las inversiones, costos y gastos de la Unidad Minera, y el estado de resultados de cada escenario de producción mensual.

Tabla 3-2: Inversiones, costos y gastos minería informal

Inversiones	Inversión inicial	Producción informal positiva	Bajos niveles de productividad	Producción con cero utilidades
Obras civiles				
Maquinaria				
Herramienta				
Total inversiones	\$ 1.000.000.000,00	\$ -	\$ -	\$ -
Ventas				
Producción en g/m3 * Año		25920	19440	15120
Precio de venta unitario en compraventas		55000	55000	55000
Total ventas		\$ 1.425.600.000,00	\$ 1.069.200.000,00	\$ 831.600.000,00
Costos				
Personal	0,086	\$ 122.544.000,00	\$ 122.544.000,00	\$ 122.544.000,00
Insumos	0,377	\$ 537.648.000,00	\$ 537.648.000,00	\$ 537.648.000,00
Mercurio	0,001	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
Aceites	0,020	\$ 28.968.000,00	\$ 28.968.000,00	\$ 28.968.000,00
Combustible	0,356	\$ 506.880.000,00	\$ 506.880.000,00	\$ 506.880.000,00
Arrendamiento	0,047	\$ 66.355.200,00	\$ 66.355.200,00	\$ 66.355.200,00
Total costos		\$ 726.547.200,00	\$ 726.547.200,00	\$ 726.547.200,00
Gastos				
Equipos e instalaciones admon				

Mantenimiento	0,017	\$ 24.000.000,00	\$ 24.000.000,00	\$ 24.000.000,00
Personal administrativo	0,051	\$ 72.200.004,00	\$ 72.200.004,00	\$ 72.200.004,00
Servicios públicos	0,001	\$ 720.000,00	\$ 720.000,00	\$ 720.000,00
Total gastos		\$ 96.920.004,00	\$ 96.920.004,00	\$ 96.920.004,00

Supuesto 4

Usando los datos del ejercicio para minería aluvial del Bajo Cauca Antioqueño y bajo los parámetros establecidos en la cartilla número 5 de la alianza por la minería responsable, “aspectos económicos y administrativos de la pequeña minería” (Tesoro & Alianza por la minería responsable, 2016d) se establecen los pagos de impuestos, regalías, canon superficiario, impuesto de renta, pólizas, servicios de seguimiento y control de la autoridad ambiental, que son obligatorios y requeridos para el funcionamiento de una mina, se incluyen dentro de los anteriormente mencionados, los requisitos legales, propuestos en la cartilla.

1. Para el caso en que la minería informal fuera positiva, es decir que no hubiera incautación de combustible de parte de la policía u otros entes, tomaremos los siguientes datos:

Tabla 3-3: Estado de resultados Escenario Producción positiva

Ventas	
Producción en g/m ³ * Año	25920
Precio de venta unitario	\$ 55.000,00
Total ventas	\$ 1.425.600.000
(-) Costos	\$ 726.547.200
Utilidad Bruta	\$ 699.052.800
(-) Gastos	\$ 96.920.004
Utilidad antes de impuestos	\$ 602.132.796
Provisión imp de renta 25%	\$ 150.533.199
Utilidad Neta	\$ 451.599.597
Margen de rentabilidad	31,68%

2. Según el ANÁLISIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PARA LA GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA, los costos del combustible por mes son el 70% de los costos totales en la minería informal. \$42.240.000 cada mes, es decir \$506.880.000 para cada año.

Tomaremos el costo de una posible incautación del combustible de una semana para los mineros ilegales: \$10.560.000.

3. Para el caso en el que hay bajos niveles de productividad y eficiencia en la explotación y procesamiento de minerales, debida especialmente a:
- Deficientes condiciones técnicas, ambientales y de seguridad industrial en las que se desarrolla la actividad
 - Ausencia o grado muy reducido de mecanización
 - Aguda falta de capital de trabajo y de recursos financieros para la inversión
 - Baja calificación del capital humano.

Tomaremos una producción de 10.800 m³/mes con tenores promedio en la zona de 150 mg/m³ para la minería informal.

Tabla 3-4. Estado de resultados Escenario Bajos niveles de productividad

Ventas	
Producción en g/m ³ * Año	19440
Precio de venta unitario	\$ 55.000,00
Total ventas	\$ 1.069.200.000
(-) Costos	\$ 726.547.200
Utilidad Bruta	\$ 342.652.800
(-) Gastos	\$ 96.920.004
Utilidad antes de impuestos	\$ 245.732.796
Provisión imp de renta 25%	\$ 61.433.199
Utilidad Neta	\$ 184.299.597
Margen de rentabilidad	17,24%

4. Para el caso en el que hay una producción con cero utilidades (puede en la mayoría de los casos haber perdidas), debida especialmente a que en la minería informal la explotación se hace a depósitos pequeños o marginales (económicamente no

explotables por la minería mecanizada), tomaremos para la minería informal, una producción mensual de 8400 mg/m³ por mes con tenores promedio de 150 mg/m³.

Tabla 3-5. Estado de resultados Escenario de Producción con cero utilidades

Ventas	
Producción en g/m ³ * Año	15120
Precio de venta unitario	\$ 55.000,00
Total ventas	\$ 831.600.000
(-) Costos	\$ 726.547.200
Utilidad Bruta	\$ 105.052.800
(-) Gastos	\$ 96.920.004
Utilidad antes de impuestos	\$ 8.132.796
Provisión imp de renta 25%	\$ 2.033.199
Utilidad Neta	\$ 6.099.597
Margen de rentabilidad	0,73%

5. Ejercicio de valoración suponiendo un aumento en las ventas de 2% y de los costos en el mismo porcentaje.

Tabla 3-6: Flujo de caja Escenario Producción informal positiva

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones		\$1.000.000.000		\$300.000.000			
Ventas(1)	2%		\$1.425.600.000	\$1.454.112.000	\$1.483.194.240	\$1.512.858.125	\$1.543.115.287
(-) Costos	2%		\$726.547.200	\$741.078.144	\$755.899.707	\$771.017.701	\$786.438.055
Utilidad Bruta			\$699.052.800	\$713.033.856	\$727.294.533	\$741.840.424	\$756.677.232
(-) Gastos			\$96.920.004	\$96.920.004	\$96.920.004	\$96.920.004	\$96.920.004
Utilidad antes de impuestos			\$602.132.796	\$616.113.852	\$630.374.529	\$644.920.420	\$659.757.228
Provisión imp de renta	25%		\$150.533.199	\$154.028.463	\$157.593.632	\$161.230.105	\$164.939.307
Utilidad Neta		- \$1.000.000.000	\$451.599.597	\$462.085.389	\$472.780.897	\$483.690.315	\$494.817.921

Flujo de caja acumulado		\$548.400.403	\$386.315.014	\$86.465.883	\$570.156.198	\$1.064.974.119
Flujo de caja mensual		\$37.633.300	\$38.507.116	\$39.398.408	\$40.307.526	\$41.234.827
Margen de rentabilidad		0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Punto de equilibrio	Gramos de oro	14972,1310	14972,1310	14972,1310	14972,1310	14972,1310
PRI		Año 3				
TIR		37,0%				
VPN		\$ 1.220.777.186				

Supuesto 5

Cuando hay un operativo de la Unidad Nacional de Intervención Contra la Minería Ilegal (UNIMIL – CCI), se destruye la maquinaria y se hacen procesos judiciales a los capturados. En este caso no sólo las utilidades son cero pesos, sino, que se pierde el capital de la empresa. En estos operativos también se pueden hacer análisis ambientales, que influyen en las sanciones de los procesos judiciales.

Supuesto 6

Teniendo en cuenta el decreto 399 del 9 de mayo de 2013, por el cual se dictan disposiciones en materia de formalización de minería tradicional, se define lo siguiente para el ejercicio:

Tabla 3-7: Cálculo de duración del proceso de formalización

No	Actividad	Tiempo (días)	Alternativas
1	Solicitud de formalización		
2	Entrega de documentos	21	
3	Subsanación de documentos	30	
4	Respuesta	15	rechazo (causales Artículo 28) Continúa el proceso
5	Visita de verificación	21	
6	Informe de visita	30	rechazo (causales Artículo 28) Continúa el proceso
7	Subsanación de documentos	90	
8	Presentación de PTO y PMA	365	
9	Evaluación de PTO y PMA	60	rechazo (causales Artículo 28) Continúa el proceso

10	Subsanación de documentos	30		
11	Pronunciamiento	30	rechazo (causales Artículo 28)	Continúa el proceso
12	Contrato de concesión minera	15		

Este proceso tendrá una duración máxima de 1 año y 9 meses. Durante este proceso no hay sanciones y se debe cumplir con los requisitos de ley (impuestos).

Supuesto 7

Otros costos y observaciones para tener en cuenta, tomados del proyecto ejecutado por la Universidad Nacional:

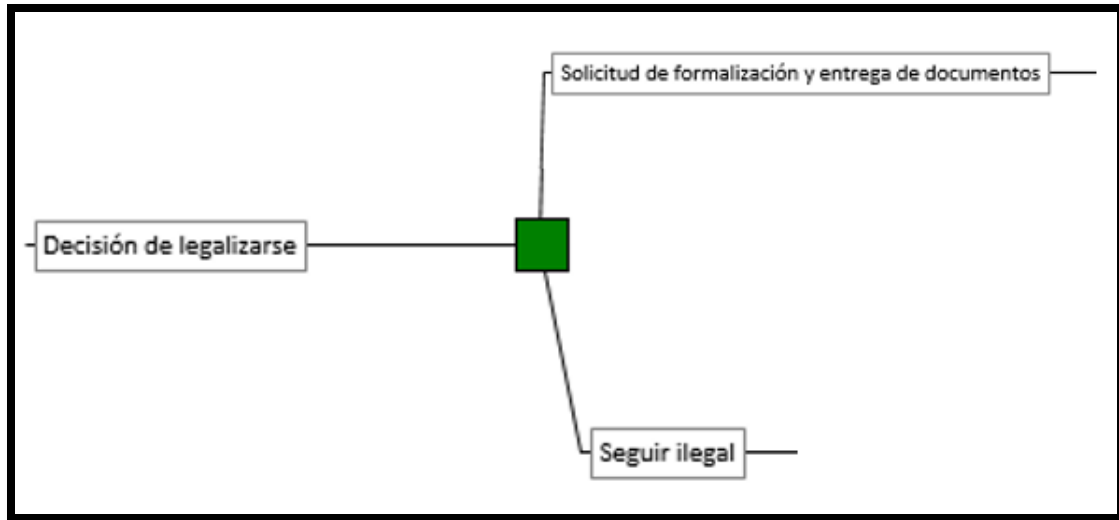
- Si la solicitud es rechazada en algún paso, sin poder subsanar, debe suspender actividades y hacer el cierre de mina, que para el ejercicio tendrá un costo de 50 millones de pesos.
- El costo promedio de realizar un PTO y un PMA es de 150 millones de pesos.
- Debe además pagar por deuda de regalías acumulada durante 14 años por un monto de 500 millones de pesos.

3.5 Árbol de decisiones

A continuación se muestra el dibujo del árbol de decisión por tramos, realizado con el software PrecisionTree.

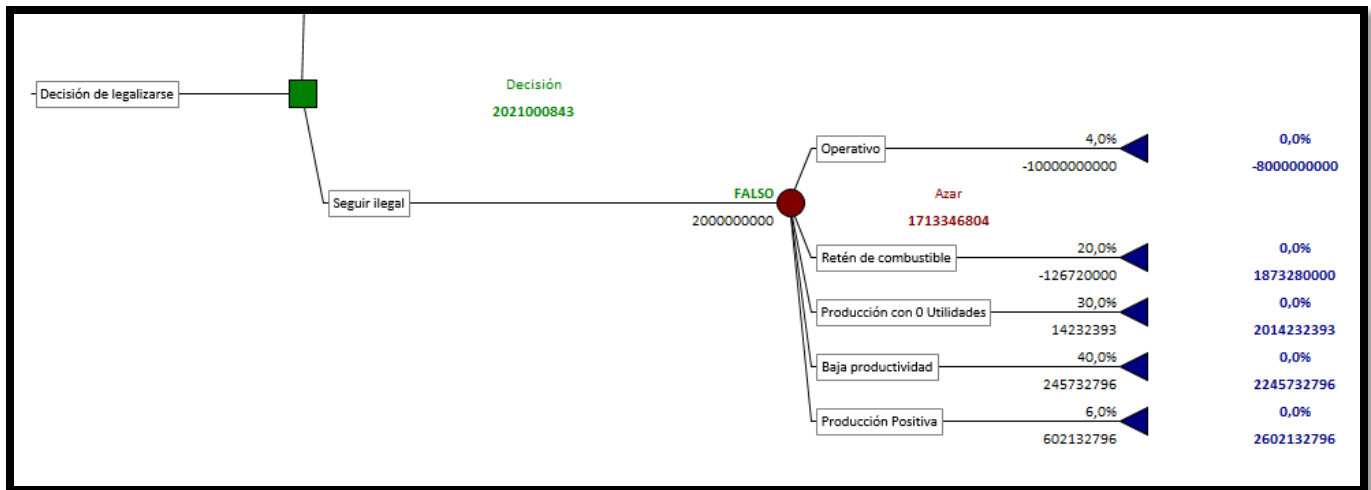
Primero se escribe la decisión que se requiere tomar al lado izquierdo, y se dibujan líneas para cada posible solución a la derecha.

Ilustración 3-1: La decisión de legalizarse o no



Ahora siguiendo la rama de Seguir ilegal, se muestra el posible resultado. El resultado es incierto (círculo en el nodo), y a la derecha se dibujan las líneas que representan los diferentes estados de la naturaleza. Se estima la probabilidad de cada línea derivada del nodo círculo por conjeturas de expertos, hasta que suma 100%.

Ilustración 3-2: Resultados de seguir ilegal



Siguiendo la rama de iniciar el proceso de formalización, nos encontramos los siguientes resultados inciertos y de otra decisión que se debe tomar. (Parte 1, 2 y 3)

Ilustración 3-3: Resultados de iniciar proceso de formalización parte 1

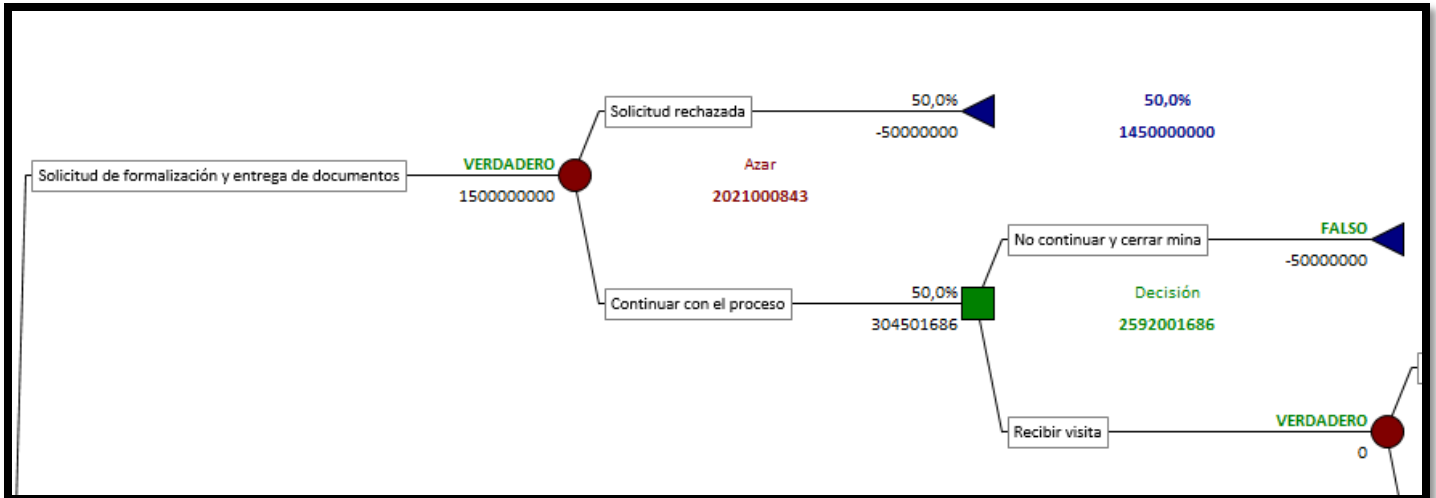


Ilustración 3-4: Resultados de iniciar proceso de formalización parte 2

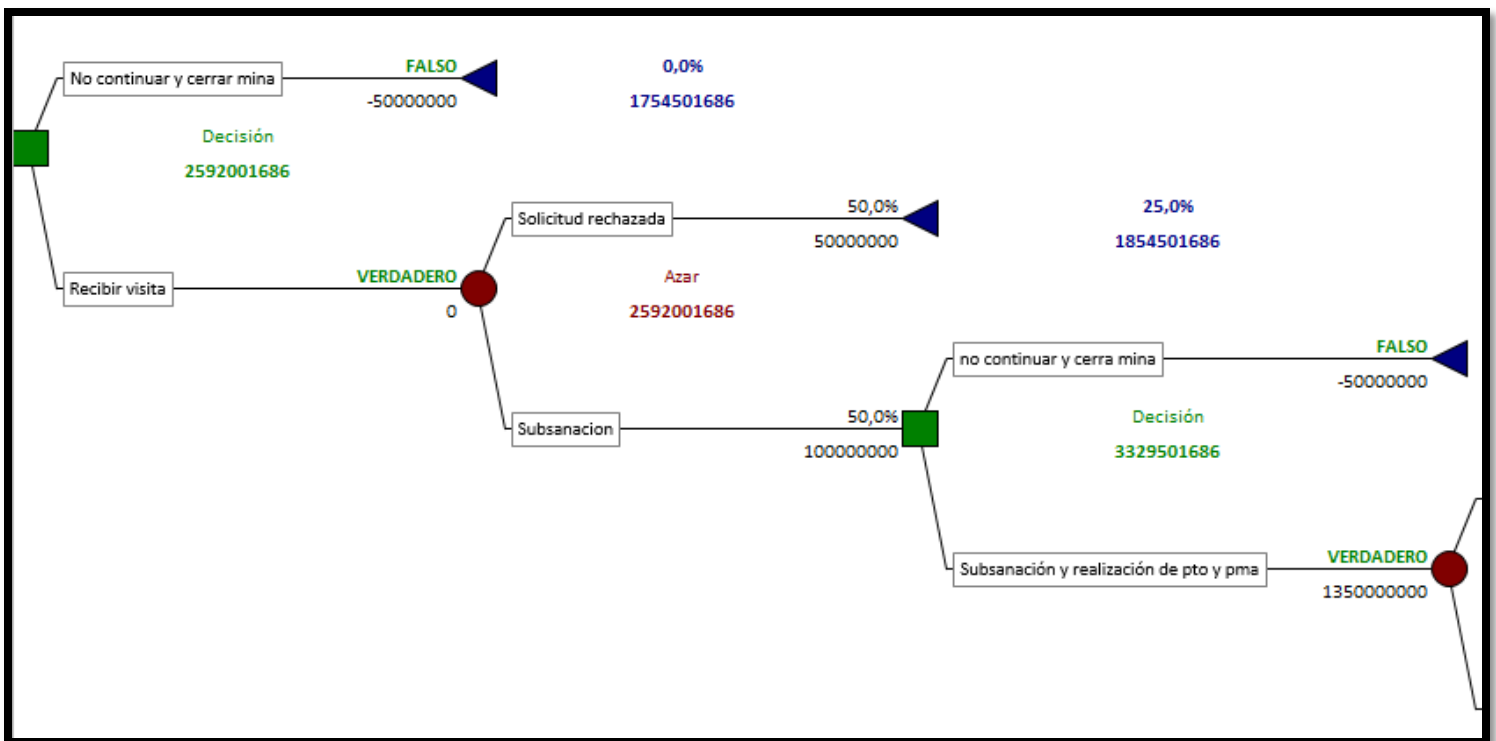
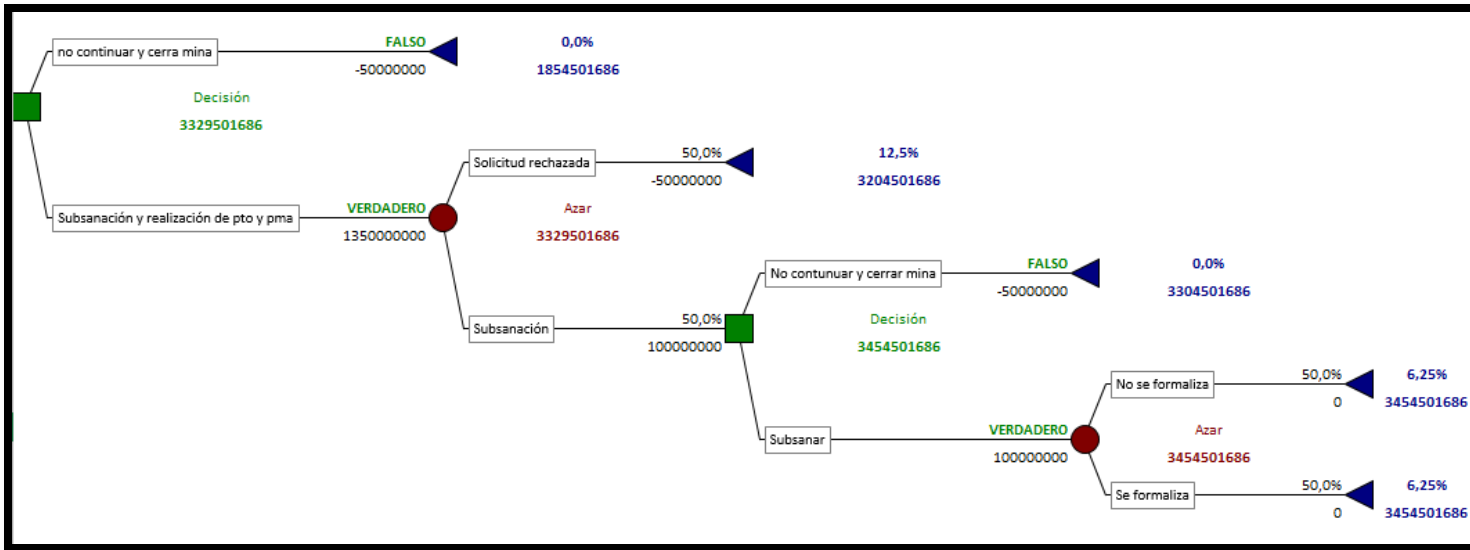


Ilustración 3-5: Resultados de iniciar proceso de formalización parte 3



3.6 Resultados

Como principal resultado y según el criterio de valor esperado, el análisis de decisión conlleva a que lo mejor es seguir operando ilegalmente. Esto debido a la falta de incentivos reales para la formalización, y los costos de ser ilegal no son los suficientemente fuertes para una decisión desde el punto de vista del valor esperado.

A continuación se hace un análisis de sensibilidad de algunas variables, para analizar qué acciones pueden cambiar esta decisión. Primero se presentan los gráficos de análisis y luego las conclusiones de los resultados.

Ilustración 3-6: Análisis de sensibilidad Probabilidad de los operativos

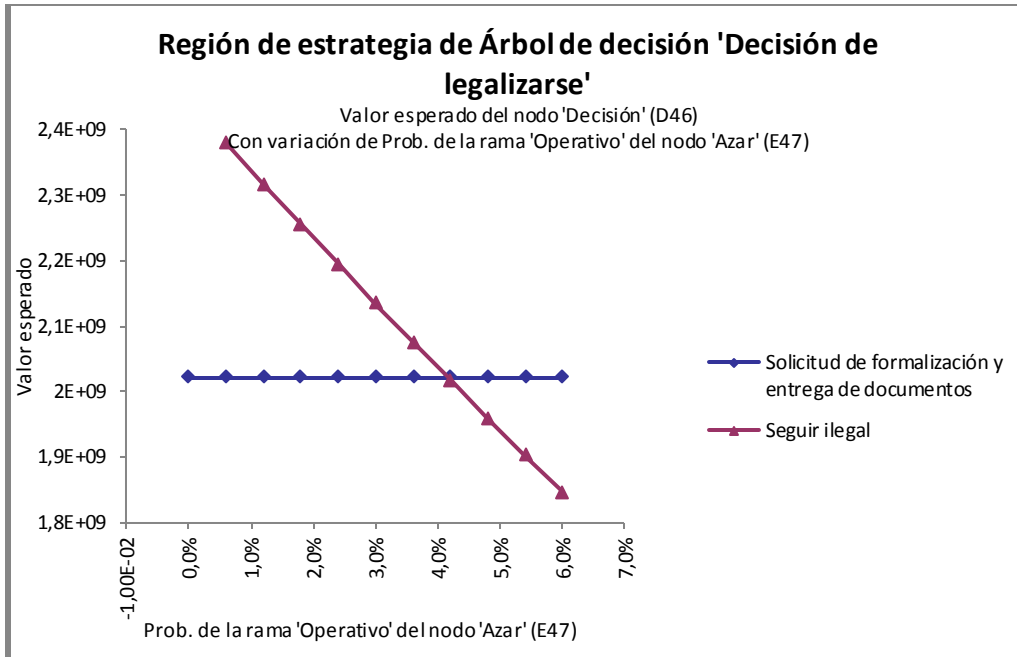


Ilustración 3-7: Análisis de sensibilidad Deuda de regalías

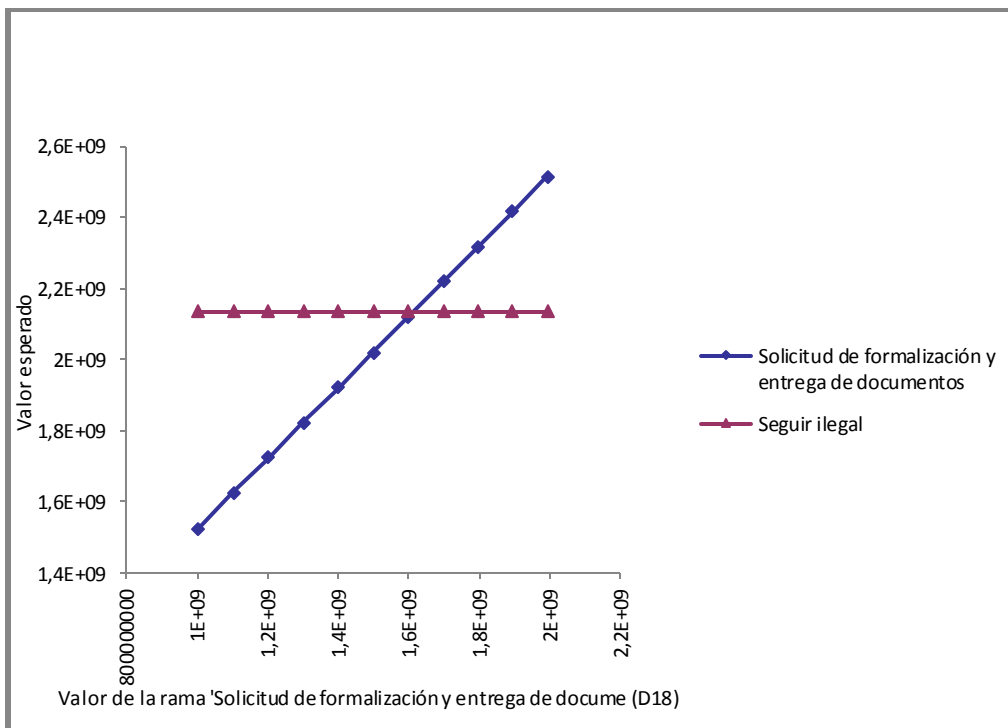


Ilustración 3-8: Análisis de sensibilidad Realizar PTO y PMA

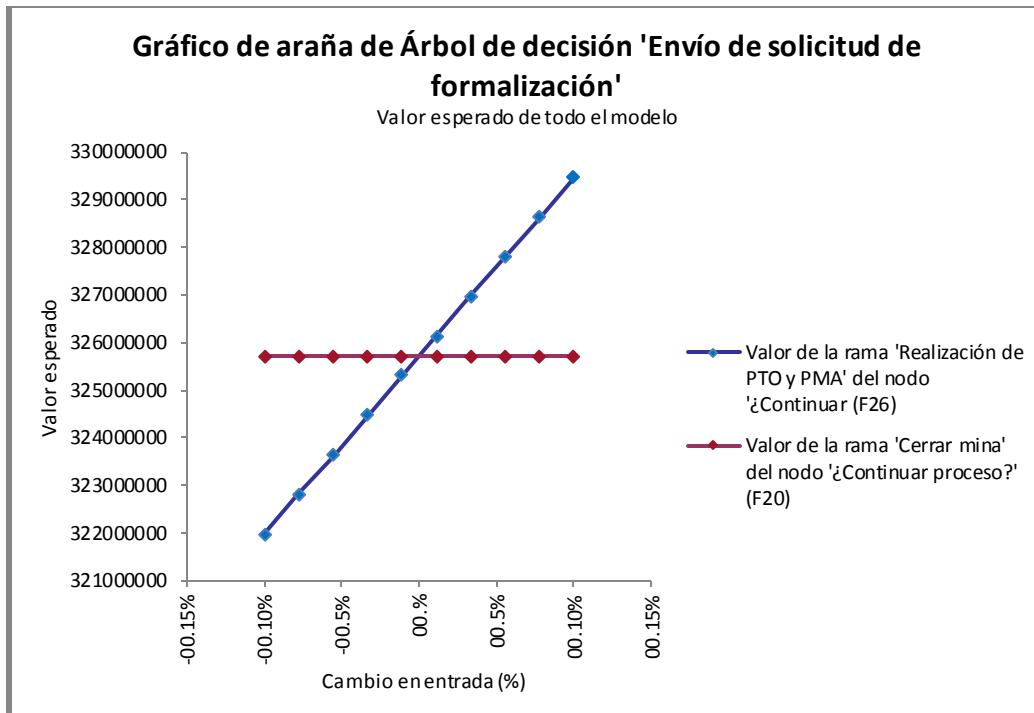
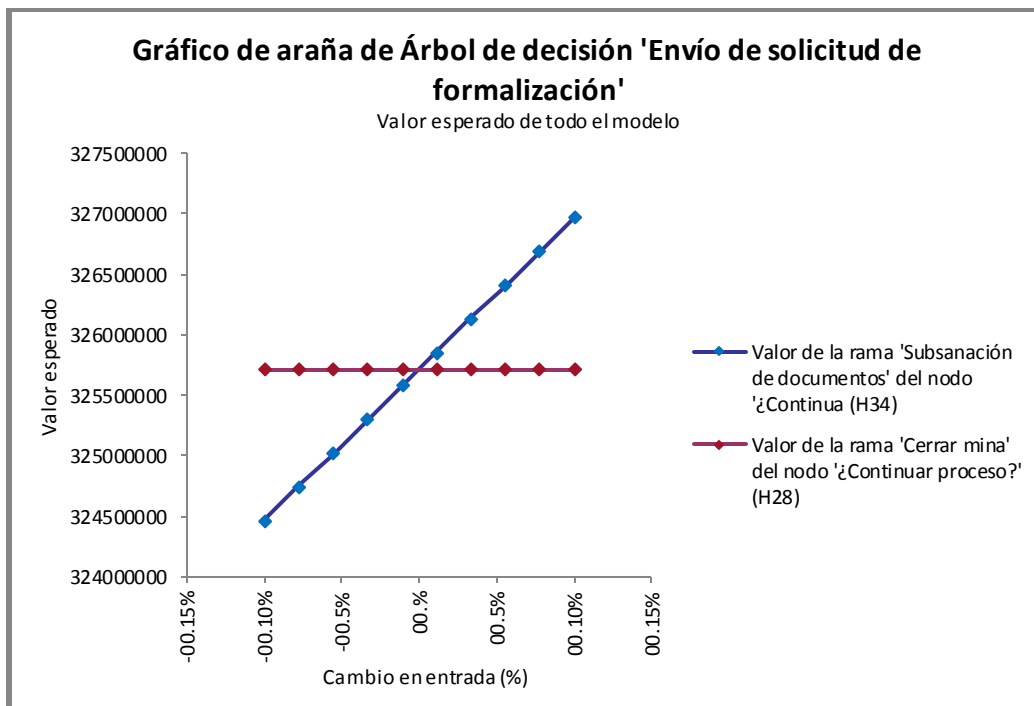


Ilustración 3-9: Análisis de sensibilidad Subsanción de documentos



1. De gráfico 3-6 **Análisis de sensibilidad Probabilidad de los operativos** se ve que la decisión de formalizarse o no es muy sensible a la probabilidad de que suceda un operativo militar, donde se capturan a los trabajadores y/o al minero representante, inician un proceso penal por daño ambiental, se para la producción de la mina, destruyen el capital y el patrimonio, y quedan reseñados con la justicia en procesos futuros. Se asume que en estos casos no sólo las utilidades son cero pesos, sino, que se pierde capital de la empresa y se incurren en sanciones de los procesos judiciales.

Si esta probabilidad fuera mayor del 3% la decisión cambiaría. Esto indica que si el Estado tuviera una mejor capacidad para regular, monitorear y hacer cumplir las sanciones, el minero tendría más en cuenta estos posibles resultados en su decisión; pero el Estado no está en la capacidad de responder técnica y operativamente a las demandas de estos nuevos mineros “legales”, porque aún no tiene una infraestructura suficiente, ni si quiera para responder a la demanda actual.

Otro proceso que puede derivar de la política de formalización es un cambio en la forma de operar. Puede incursionarse en el uso de equipos más pequeños, móviles y que no requieran tanta inversión. Con esto se lograría evadir y prevenir más fácilmente los operativos o si estos se dan, minimizar las pérdidas derivadas de los mismos. Dejan de hacerse tan evidentes, saben dónde hay recurso posibles de explotar.

2. Del gráfico 3-7 Análisis de sensibilidad Deuda de regalías se analiza que la política supone que el minero debe pagar las regalías de todos los trimestres de los últimos 14 años que haya trabajado, es una deuda que se adquiere por pasivos en regalías. Si no existiera esta política, el minero cambiaría de decisión, ya que esto es una cantidad de dinero muy alto que ningún minero tiene reservado. (Podría llegar a significar 12 meses sin percibir ganancias), condición que es demasiado frágil para una operación que apenas inicia, y que además requiere un flujo de capital intenso para elevar la productividad.

Una nueva operación minera a pequeña escala no tiene procesos de exploración que permitan delinear con certeza las reservas disponibles en el área de solicitud, y de esto se deriva una gran incertidumbre en relación con los valores esperados de mineral que resultarán de la operación futura. Eso significa una amenaza para la sostenibilidad del negocio en el futuro.

La estructuración de un negocio en vías de formalización requiere un conjunto de estudios económicos ambientales técnicos y sociales financieros, esto supone una alta inversión para la elaboración de un plan de negocio, con el cual el Estado puede acceder a otorgar una concesión. Estos estudios no solo son relevantes para el Estado, sino que son el punto de partida y la ruta de evolución de un nuevo negocio.

Estos estudios delimitan las zonas de explotación la compra de maquinaria, la implementación en tecnología y las inversiones estratégicas que deben hacerse para llevar a cabo la evolución del proyecto. Esto significa altas inversiones en el momento cero de la operación.

3. Del gráfico 3-8 Análisis de sensibilidad Realizar PTO y PMA, podemos ver como bajo el criterio del valor esperado, se mueve la decisión teniendo en cuenta el costo de realización del PTO y PMA, teniendo en cuenta que el valor aproximado para estos planes es de 150 millones de pesos, vemos cual es la decisión del minero si este valor crece o decrece, para el minero desde un punto de vista netamente económico, teniendo en cuenta las perdidas, sería mejor cerrar la mina que seguir con el proceso de formalización, puesto que cerrar la mina le cuesta 50 millones de pesos, mientras que seguir con la formalización le cuesta 150 millones de pesos por el momento, además corre el riesgo de que no le acepten el PTO y PMA propuesto.

Según el análisis de sensibilidad, bajo el criterio de valor esperado, el minero seguirá con adelante con la formalización siempre y cuando el costo del PTO y PMA no sea mayor a 150 millones de pesos, si el costo crece en algún porcentaje, optará por no seguir adelante con el proceso de formalización. Este costo y otros

asociados además pueden influir de primera mano, en que el minero informal tome la decisión de formalizarse.

4. Del gráfico 3-9 Análisis de sensibilidad Subsanación de documentos, vemos como luego de que el PTO y PMA sean aceptados, el minero debe realizar una subsanación de documentos por el cual también debe asumir un costo que es mayor al que asumiría si su decisión fuera terminar el proceso y cerrar la mina, esta decisión se enfrenta a la incertidumbre de que es posible que luego de la subsanación de documentos, la entidad competente en nombre del Estado Colombiano rechace la solicitud de formalización.

En este análisis de sensibilidad tomamos el valor de la subsanación de documentos y lo variamos un 10%, mientras que el valor de cerrar la mina permanece constante, el valor esperado depende entonces del costo de subsanación de documentos, el cual si sube del valor actual haría que el minero decida cerrar la mina y si baja haría que el minero continúe con el proceso, esto sin tener en cuenta las posibilidades posteriores.

El proceso de formalización puede verse riguroso en tanto que si el minero no cumple con todas las condiciones establecidas, no tiene más opción que cerrar la mina, lo que desde el punto de vista económico lo deja sin sustento, suponiendo que no tenga otra actividad o lugar dónde realizar la actividad, además como vemos el pago de las regalías, los planes, el control ambiental entre otros costos pueden influir, primero en que un minero informal entre en el proceso de formalización, segundo en que continúe el proceso, puesto que puede que no estén dispuestos a asumir algunos de estos costos, además debe decirse que los trámites con las agencias del estado no siempre son eficientes, pueden tomar varios meses y no cumplirse los plazos impuestos por las mismas.

Los costos en este caso son importantes dado que, para que cualquier persona racional el dinero que "sale" es dinero perdido si no retorna ninguna ganancia visible, estos procesos burocráticos desde el punto de vista de ciertos individuos pueden verse como una pérdida de dinero.

4. Aplicación de arquetipos sistémicos

En el capítulo 2 se describe el problema de la informalidad en la minería de pequeña escala y nos acercamos a unos comportamientos, que han tenido en el tiempo, los pequeños mineros informales cuando se encuentra en los procesos de formalización. Además se describe como los intentos por formalizar la pequeña minería en Colombia han tenido resultados decepcionantes. La teoría de PS propone que este tipo de resultados, en sistemas sociales como estos, continuarán sucediendo si no logramos un mejor entendimiento de este sistema, y si no abandonamos la dependencia a los mismos enfoques que nos han llevado a este momento de desconfianza y frustración ante estos programas.

A continuación se utiliza la herramienta de PS Arquetipos Sistémicos, que nos permitirán construir hipótesis acerca de las fuerzas que operan en este sistema, y verificar los modelos mentales acerca de por qué han fracasado los programas de formalización.

4.1 Arquetipo soluciones contraproducentes

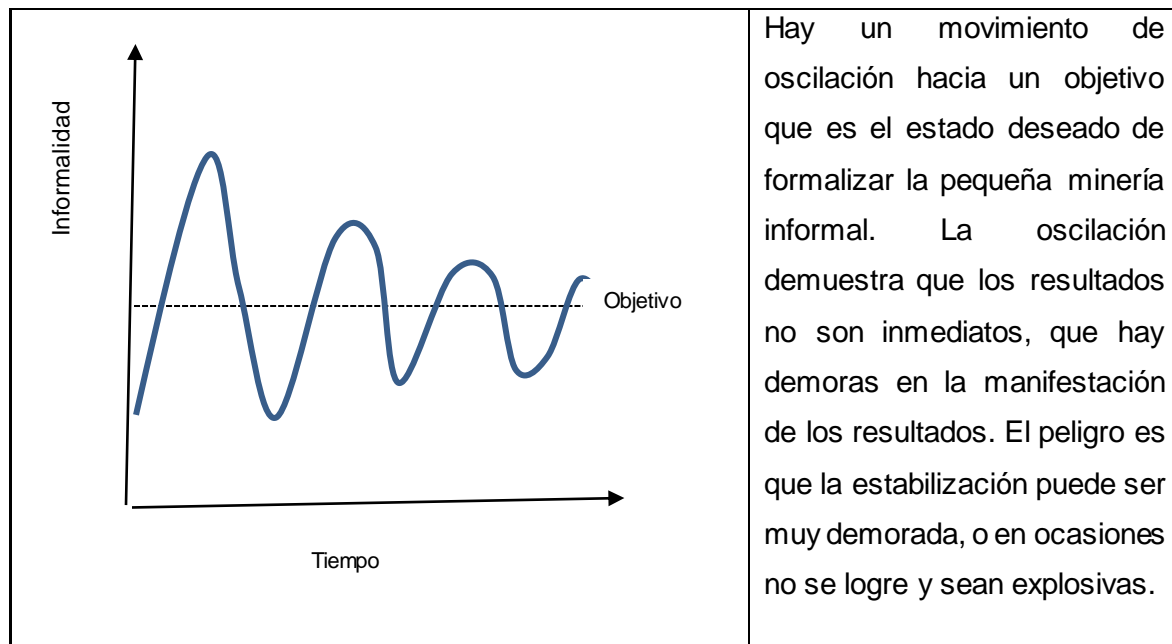
En una situación de "Soluciones contraproducentes" o "arreglos que fallan", un síntoma de un problema pide la resolución. Se implementa rápidamente una solución que alivia el síntoma (ciclo balance), pero las consecuencias involuntarias de la "solución" agravan el problema (ciclo de refuerzo). Con el tiempo, el síntoma del problema vuelve a su nivel anterior o empeora. (Kim, 1992)

4.1.1 El ciclo balance

Existe un estado deseado por parte del Gobierno de erradicar las explotaciones mineras ilícitas y de formalizar la pequeña minería informal, por lo cual en los últimos 10 años han implementado 3 programas de legalización y formalización de la minería tradicional y de la

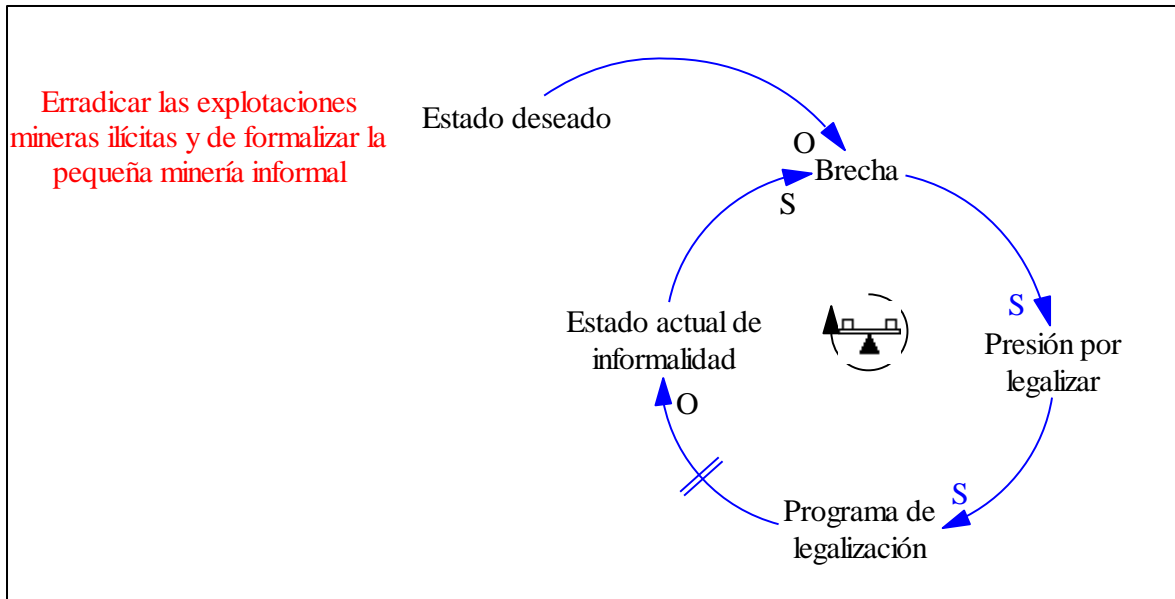
minería de pequeña escala que son: Legalización de la Minería de Hecho en el año 2001, Formalización de la minería tradicional en 2010 y el Programa de Formalización de la Minería en 2014. El comportamiento que se esperaba con estos programas lo podemos analizar en el siguiente gráfico de pautas de conducta Ilustración 4-1:

Ilustración 4-1: Comportamiento esperado de los programas de formalización



Para describir este comportamiento se dibuja el siguiente ciclo que justifica el diseño e implementación de los programas de formalización:

Ilustración 4-2: Ciclo de formalización

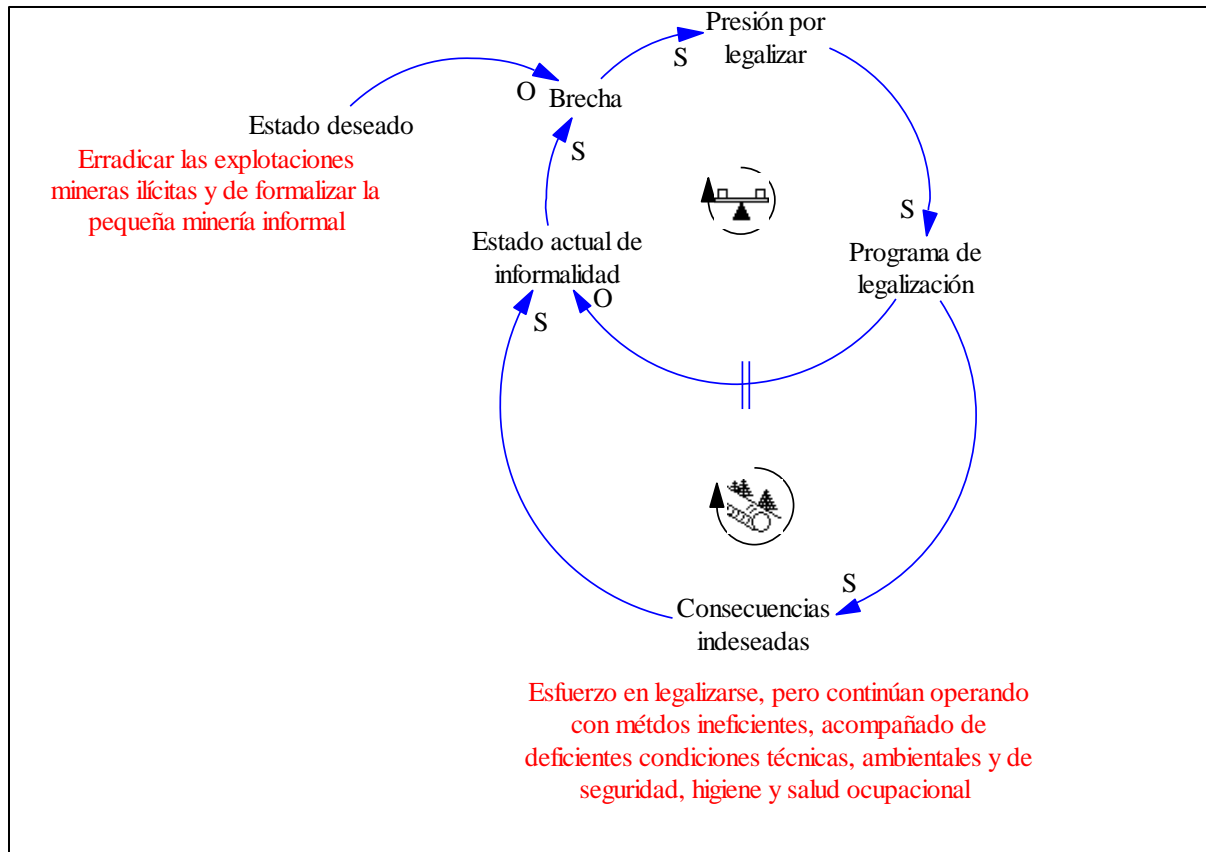


El ciclo de formalización, es un proceso compensador, es decir, que está vinculado a una meta u objetivo o estado deseado que es fijado por las presiones que se ejercen en el sistema, que en este caso son las necesidades que tiene el sector minero de que sus proyectos se conviertan en fuentes de oportunidades para los territorios y las comunidades, y que con el manejo sostenible y eficaz de sus recursos naturales aporte al desarrollo económico y social de Colombia. Cuando el estado actual de informalidad no concuerda con el estado de deseado, la brecha resultante genera una presión para aplicar programas o proyectos de formalización

4.1.2 El ciclo de refuerzo

El hecho real, es que los programas de legalización no han dejado resultados satisfactorios. Ver Tabla 2 2: Resultados de avance del programa de formalización. Además han creado unas consecuencias indeseadas que parten precisamente de su visión de legalizar y no de formalizar la pequeña minería.

Ilustración 4-3: Arquetipo Arreglos que fallan- Programas de legalización

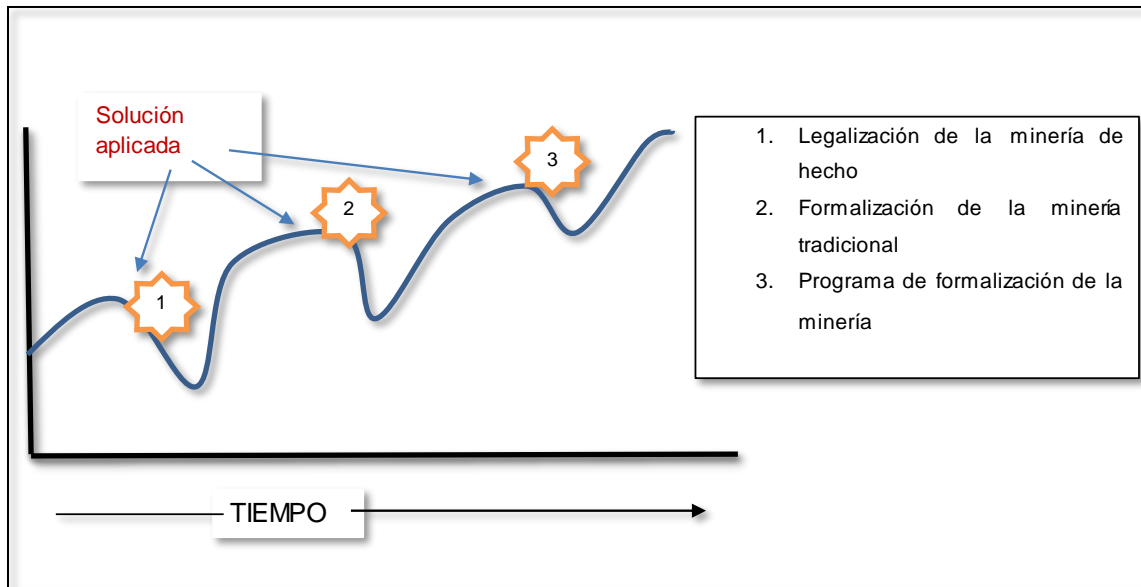


En estos programas reconocen que la obtención de un título es un paso fundamental para que la pequeña minería sea formal. Sin embargo no se consideran consecuencias como la falta de capacidad del Gobierno para implementar estos planes, las percepciones de los mineros de considerar estos procesos como una amenaza, que los mineros no pueden pagar los costos de unirse a la economía legal. La obtención de un título no los convierte en empresarios, y continúan operando con informalidad.

Si observamos el comportamiento de este tipo de situaciones (Ilustración 4-5), se puede ver como hay pequeños triunfos cuando se aplica la solución (Programas de formalización), y todos los actores se comprometen con el programa, y se encuentran motivados, el problema mejora (la variable desciende). Pero el problema se agrava alternativamente en el tiempo, especialmente cuando los pequeños mineros reconocen

que el proceso de legalización es dispendioso, costoso, y que por falta de capacidad del Gobierno para cumplir sanciones, pueden continuar operando con métodos ineficientes, acompañado de deficientes condiciones técnicas, ambientales, y laborales.

Ilustración 4-4: Comportamiento cuando la solución a la informalidad es tener el título

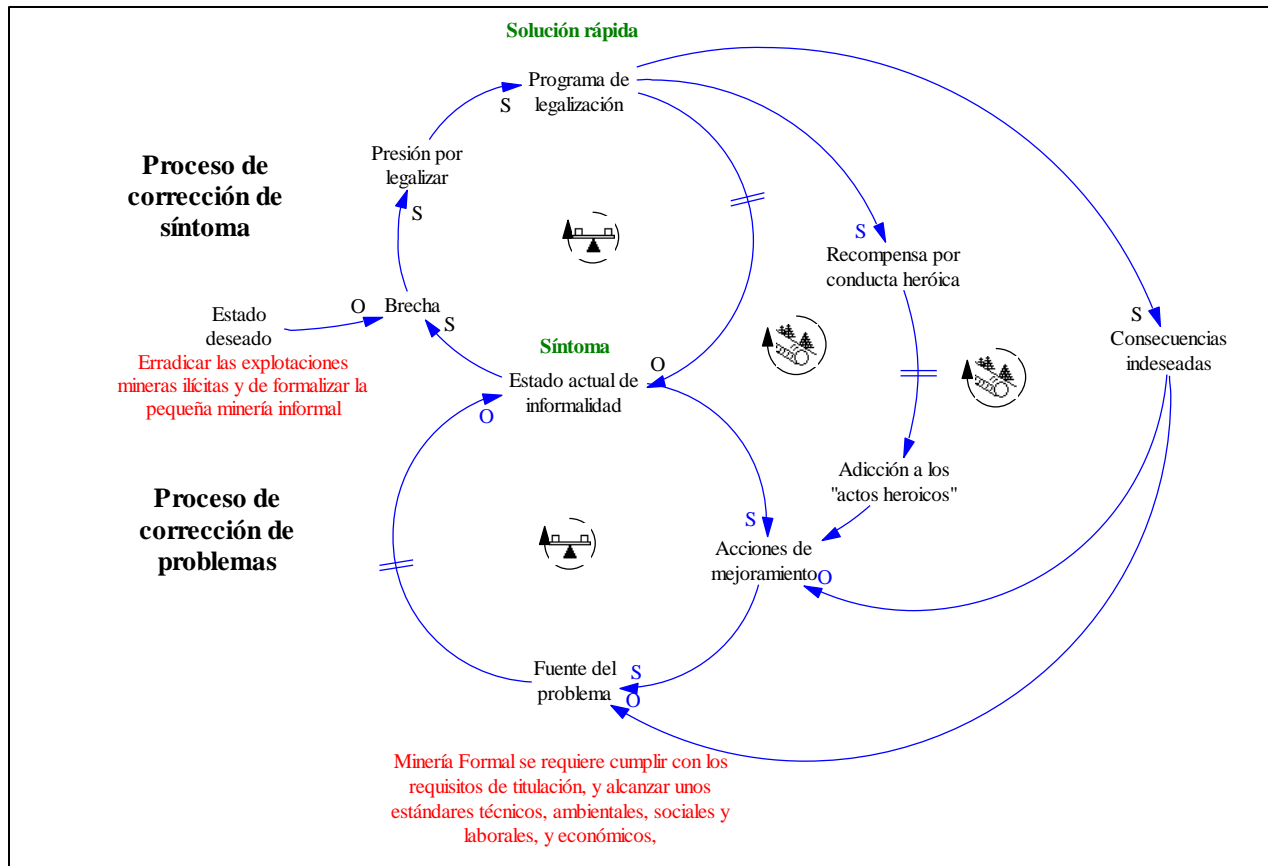


De esta manera, se muestra la importancia de tener conciencia de las consecuencias involuntarias, desistir de las soluciones que sólo corrigen los síntomas y comprometerse a enfrentar el verdadero problema. Para esto se continúa el análisis con el siguiente arquetipo de “Adicción”

4.2 Arquetipo adicción

Este arquetipo se conoce como "movimiento o desplazamiento de carga" o “adicción”, al igual que una situación de soluciones contraproducentes, suele comenzar con un síntoma que insta a alguien a intervenir para resolverlo. El problema se "resuelve" aplicando una solución sintomática (ciclo de balance 1) que distrae la atención de soluciones más fundamentales (ciclo de refuerzo). En una estructura de "Adicción", un "desplazamiento de la carga" se degrada en una patrón adictivo en el que el efecto secundario se defiende tanto que supera el problema original (Kim, 1992)

Ilustración 4-5: Arquetipo de adicción a los procesos de formalización



En primer lugar se observan dos ciclos de balance. El ciclo “Proceso de corrección de síntoma” muestra la solución rápida para el síntoma de informalidad en la pequeña minería, y el ciclo “Proceso de corrección de problemas” representa la solución al problema fundamental, que normalmente lleva más tiempo (hay una demora) y a menudo son más dificultosas, pero al final aporta a resolver el problema real, es decir, a las raíces del problema. En el arquetipo de Soluciones contraproducentes hablamos del proceso de corrección de síntomas y del proceso de corrección de problemas hablaremos más adelante, pues es objetivo de este trabajo realizar una aproximación al mejoramiento de las acciones que brinden resultados de mejor calidad en los procesos de formalización.

La ilustración 4-5 muestra también dos de refuerzo, que representan consecuencias involuntarias adicionales a las vistas en el arquetipo de soluciones contraproducentes, y

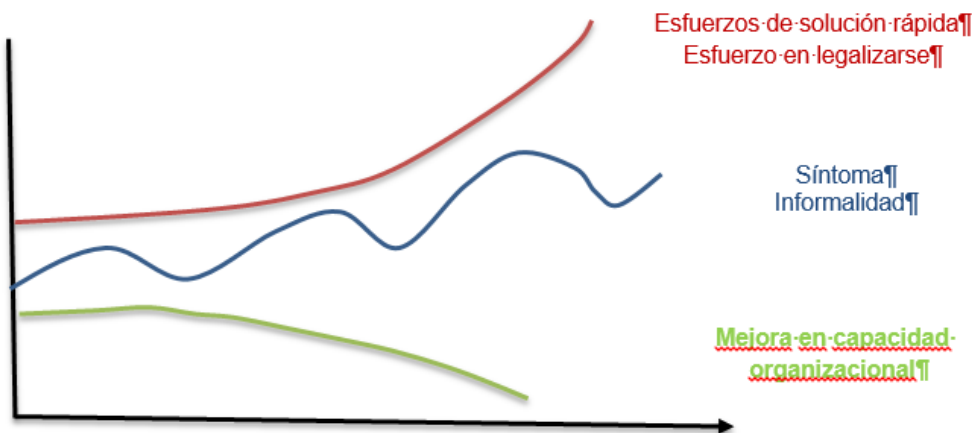
que complican el problema, al punto que se puede convertir en un problema peor. Para explicar lo anterior, nos debemos situar en el lugar del pequeño minero informal, es decir, un minero o conjunto de personas que trabajan en la pequeña minería, y que posiblemente carezcan de:

- Herramientas de análisis para comprender y proyectar el negocio minero, a partir de la identificación de oportunidades y amenazas existentes en el entorno y en la organización asociativa.
- Conocimiento técnico para la explotación minera con criterios de sostenibilidad económica y ambiental.
- Habilidades para la lectura de la cadena de valor del negocio minero; relaciones cliente-proveedor; nichos de mercado y poder de mercado. Ubicación en la cadena y la correlación de fuerzas para participar en el mercado.
- Elementos de administración general que favorezcan la actividad económica esencial, de tal manera que se movilicen los recursos financieros y físicos en función de agregar valor.
- Visión del talento humano como un factor determinante para el éxito de negocio tanto porque las transformaciones las realizan ellos como porque se generan riesgos que deben ser controlados.
- Conocimiento en cuanto a las obligaciones mineras, ambientales y de compensaciones por el uso de los recursos naturales
- Planeación estratégica, para formular planes de crecimiento, repotenciamiento o reconversión tecnológica, de apertura de mercados internacionales, de industrialización, según las necesidades, visión y metas de los actores.

En este contexto, los programas de formalización están destinados a ser provisorios, pero los pequeños mineros comienzan a depender de estos programas para que los reconozcan, para que los ayuden a solucionar sus problemas, y nunca aprenden a solucionarlos por su cuenta, y es porque no tienen las herramientas para hacerlo. Se sienten recompensados si tienen un certificado de que se encuentran en un proceso de formalización, lo cual hace que se centren en un esfuerzo por legalizarse y estar incluidos en estos programas, mientras descuidan las acciones de mejoramiento en capacidad de su empresa.

Para visualizar lo que causa esta adicción a los actuales procesos de formalización, podemos ver en la ilustración 4-6 los patrones de comportamiento donde coexisten tres patrones. La dependencia de la solución inmediata se fortalece (esfuerzo en legalizarse), mientras que los esfuerzos para corregir el problema de raíz se debilitan (mejora en capacidad organizacional), y el síntoma del problema (informalidad) mejora y se deteriora alternativamente, pero siempre elevándose:

Ilustración 4-6: Comportamiento de adicción



La solución de formalizar integralmente (legal, social, ambiental, técnica y laboral), está presente en los programas de formalización, pero como esta estrategia lleva más tiempo, se le presta menos atención, y es por esto que surge menos efecto sobre el síntoma

Al tratar de comprender esta situación de desplazamiento de carga o adicción resumimos lo siguiente:

1. El síntoma que se propone corregir es la informalidad que presenta la pequeña minería
2. Las soluciones que se han aplicado son los programas de formalización, pero que han tenido un enfoque especial en legalización.
3. Se han presentad resultados inesperados que traen frustración y desconfianza en estos procesos.
4. Estos resultados inesperados afectan el origen del problema.

En el próximo capítulo, y como objetivo último de este trabajo, se plantean recomendaciones de qué otras soluciones se podrían haber aplicado si no se hubiera contado con la solución rápida. Pero cómo saber si estas otras medidas correctivas afectarían realmente el origen del problema, será trabajo para continuar esta investigación.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. En la actualidad, las unidades mineras a pequeña escala que operan en condiciones de informalidad (no cumplen con los requisitos de titulación, y ni alcanzan los estándares técnicos, ambientales, sociales y laborales, y económicos del Grado 2- Minería formal), enfrentan problemáticas multidimensionales que las convierten en organizaciones sin futuro y sin proyección territorial, dado su baja productividad y las desfavorables condiciones de competitividad, conduciéndolas a un estado de inviabilidad económica y ambiental.
2. El ejercicio de árboles de decisión, nos deja ver que el ejercicio de formalización puede fallar muy fácilmente. Implementar una política de formalización, no es solo una cuestión de diseño institucional y aplicación de reglas, sino también una cuestión de cómo las instituciones, las normas y las nuevas prácticas funcionan y son recibidas por las personas en un entorno particular.

Las razones del pequeño minero del por qué no formalizarse, como por ejemplo, que no puedan pagar los costos de unirse a la economía legal, nos permite ver que el programa de formalización requiere hacer un mayor esfuerzo en el fomento a la creación no de unidad minera legalizada sino de una unidad empresarial, proporcionándole asesoría, capacitación y financiamiento. El escalamiento hacia una unidad empresarial requiere la siembra de competencias iniciando desde la persona-empresaria o minero independiente hasta la conformación de grupos asociativos, de forma tal que permita el accionar en un campo más amplio de negocios y se logren mejores condiciones tanto para la actividad extractiva como

para la búsqueda de un desarrollo social más equilibrado que conlleve necesariamente a elevar las condiciones de vida de las zonas mineras.

3. El Arquetipo Arreglos que fallan- Programas de legalización, nos muestra la importancia de tener conciencia de las consecuencias involuntarias que pueden surgir de la aplicación de un programa o una política. La coordinación desarticulada, la falta de capacidad del Gobierno y de resultados, los conflictos entre los mineros informales y los propietarios de los títulos, las intervenciones militares, la falta de disposición de adoptar prácticas más limpias y sostenibles, los problemas de seguridad y de conocimiento de los recursos, revelan un panorama en el cual la política de legalización tiene limitaciones, ya que una resolución de los derechos de propiedad, no implica una mejor aprovechamiento de los recursos naturales, que está directamente asociada con la sostenibilidad económica.

4. En Colombia se presentan dos modelos de explotaciones mineras, la gran minería tecnificada y a gran escala y la micro, pequeña y mediana escala –MIPYME-, existiendo un divorcio entre ambas y con dinámicas económicas opuestas. El Arquetipo de adición a los procesos de formalización, nos deja ver que la segunda requiere especial atención y fortalecimiento, por el papel que juega en la promoción y gestión del desarrollo de los territorios mineros. Cuando se habla de fortalecer una organización se busca generar las condiciones de éxito para el logro de este propósito, asegurando la consolidación y proyección de su desarrollo futuro. El fortalecimiento necesariamente parte de un proceso de caracterización y diagnóstico, que muestra la situación del negocio minero en un momento dado del tiempo; se parte de una organización o grupo minero que ya existe, y por tanto posee una tradición y antecedentes que se dotarán de los recursos necesarios para estructurar un plan de adecuación o repotencialización, adoptando variados instrumentos con el fin de incorporar en el negocio minero una capacidad de gestión exitosa y así encaminarlo hacia su proceso socio-empresaria.

5. Son varios los programas adelantados por el Ministerio de Minas y Energía orientados a la formalización y fortalecimiento de las comunidades mineras; empero, éstos no han poseído una integración y articulación adecuada, no se ha hecho un seguimiento y evaluación de sus resultados, así como tampoco han tenido la necesaria continuidad en el tiempo; ello demuestra la inexistencia de una política del Estado (de largo plazo), independiente de las voluntades de turno. Las políticas mineras que rigen actualmente, tales como el Programa Nacional de Formalización Minera, la Política de mejoramiento de la competitividad del sector minero, el Programa de acompañamiento nacional para el sector, la Promoción del país minero y la Política de administración del recurso minero, no están debidamente alineadas con los planes de desarrollo territorial, y su implementación se ejecuta de manera individual. Para el mejoramiento de la calidad de vida en los territorios mineros, es de vital importancia la elaboración de una política conjunta.

5.2 Recomendaciones

Alternativa de industrialización y de producción

Colombia ha tenido una secuencia de Bonanzas bien manejadas, que han permitido ese comportamiento “medio” estable de la economía Colombiana, pero no se han aprovechado para construir la base productiva que deberían tener tanto el sector extractivo como el industrial. Las recomendaciones de este trabajo están orientadas a fortalecer las dinámicas del desarrollo económico mediante la siembra de una base productiva en las regiones, con el fin de lograr mejoras en la calidad de vida de las comunidades.

Lo anterior requiere:

1. Conocer la complejidad de estos territorios y construir competitividad en ellos, de acuerdo con sus actividades y potenciales económicos, involucrando las comunidades y aprovechando el capital natural de los ecosistemas.
2. Dar una mirada hacia el territorio desde la industria extractiva, que implique que efectivamente que generemos base productiva, desarrollando las alternativas económicas del territorio. Debemos llegar a que estos territorios aumenten su competitividad y aumenten su capacidad productiva.

Líneas estratégicas:

1. Información

Estos sectores generan múltiples opiniones, por la complejidad y las intervenciones que hacemos, y en este sentido, tenemos un compromiso de mejorar las capacidades de las comunidades; debemos tener comunidades informadas, ya que de uno u otro lado pueden verse manipuladas o intervenidas, inclusive algunas veces a través de terceros, lo que obliga a que desarrollemos una fortaleza en la información, desde las comunidades académicas hasta las territoriales

2. Tecnología

Lograr un avance en el rendimiento de la productividad exige replantearse cómo funciona la minería, discutir las complejidades que enfrentan las compañías mineras en ubicaciones remotas y el impacto de la tecnología en la productividad. Cómo la innovación digital puede mejorar la productividad minera.

Líneas de proyectos:

1. Modelo de subsidios

Modelos de subsidios que deben ser para la producción, para mejorar la capacidad productiva, pero no pueden ser para garantizar y mantener el precio, pues así se distorsiona el mercado. Apoyos para la tecnología, por ejemplo, el potencial para lograr un gran avance ahora está llegando al alcance de la industria a través de innovaciones digitales y tecnológicas que podrían transformar aspectos clave de la minería (la construcción de una comprensión más completa de la base de recursos, la optimización del flujo de materiales y equipos, la mejora de la anticipación de fallas, el aumento de la mecanización a través de la automatización y la supervisión del rendimiento en tiempo real). Representan un cambio fundamental en los posibles resultados de seguridad y cómo se puede capturar el valor en el sector de la minería.

2. Herramientas de caracterización del territorio:

El objetivo es comprender y proyectar el negocio minero, identificando las oportunidades y amenazas existentes en el entorno.

- a. Conocer las potencialidades del territorio, sus restricciones y sus riesgos.
Conocer la aptitud territorial.
- b. Conocer el mapa de actores y grupos de interés de la cadena minera.

- c. Evaluar si la tecnología permite extraer los recursos sin poner en riesgo el territorio, haciendo la actividad sostenible.
 - d. Evaluar las capacidades y competencias instaladas.
 - e. Conocer las características sociales y organizativas; actividades económicas; actitudes sociales; prácticas comunitarias; relación con entorno –comunidades – autoridades – clientes
3. Fortalecimiento de capacidades y competencias
- a. Transferencia de conocimiento técnico para la explotación minera con criterios de sostenibilidad económica.

El objetivo es que puedan realizar autoevaluación sobre la forma de explotación, estableciendo las necesidades de conocimiento externo y tengan la capacidad para proyectar y ejecutar planes de mejoramiento y optimización de las operaciones.

- b. Desarrollar habilidades para la lectura de la cadena de valor del negocio minero; relaciones cliente-proveedor; nichos de mercado y poder de mercado. Ubicación en la cadena y la correlación de fuerzas para participar en el mercado

El objetivo es que puedan identificar su ubicación en la cadena de valor, la capacidad para negociar y las estrategias para mejorar su posicionamiento en el mercado.

- c. Incorporar elementos de administración general que favorezcan la actividad económica esencial, de tal manera que se movilicen los recursos financieros y físicos en función de agregar valor.

El objetivo es adquirir herramientas para mejorar sus funciones administrativas, blindar a la organización de riesgos por incumplimiento; además evidenciar la importancia de la información para la toma de decisiones acertadas y la necesidad de contar con contador público como asesor en la administración financiera

A. Anexo: Mirada al proceso de formalización desde la normatividad de la actividad minera en Colombia

Buscando cuándo comenzó a regularse esta actividad, nos damos cuenta que este es un negocio sólido que es muy antiguo y ha sido pensado, replanteado y regulado a través de la historia. Así lo analiza el Centro de Pensamiento Responsabilidad y Sostenibilidad de la Industria Minera, de la Universidad Nacional de Colombia, que afirma que leyes han sobrado en Colombia (Restrepo, n.d.)(Ministerio de Minas y Energía, 2016):

- Artículo 188 de la Constitución de Cúcuta
- Ley de Minas 1823
- Decreto del libertador de 1829, Reglamento de minas;
- Constitución Federal 1858
- Ley 28 de 1864, Canon superficiario (cobro a los privados por el uso de ese mineral);
- Código de minas Estado Federal de Antioquia 1867
- Código Fiscal Estado Unidos de Colombia 1873, empezamos a decir que una cosa es el dueño del suelo y otra es el subsuelo
- Ley Antioqueña 292 de 1875, Valor de impuestos no sólo por tener el título sino por lo que se iba explotando
- Artículo 202; Soberanía Minera 1886
- Ley 38 de 1887, el primer código de minas lo tuvimos en el antiguo Estado Soberano de Antioquia y fue el primer código que hubo de legislación especial en un negocio (en el tema minero), que luego se adoptó por todo el territorio nacional
- Ley 30 de 1903; Asuntos fiscales de Minas
- Ley 6 de 1905; Regulación de Explotaciones en baldíos.
- Ley 40 de 1905; Regulación de Explotaciones de Esmeraldas

-
- Decreto 1112 de 1905; Revocó las Minas redimidas a perpetuidad.
 - Ley 6 y Ley 56 de 1909; Regulación para obligar a registrar los titulaos mineros en baldíos.
 - Ley 120 de 1919; Reguló la actividad minera
 - Ley 110 de 1921; Derogo el código fiscal de 1887
 - Decreto de Ley 223 de 1932, se abolió la redención a perpetuidad, es decir se acabó el derecho privado y la propiedad privada de las minas, además instauró impuestos sobre minas.
 - Ley 160 de 1936; definió modalidades para la propiedad privada.
 - Ley 13 de 1937; Estableció la Extensión de reservas mineras de rio
 - Creación del Ministerio de Minas y Petróleos, 1940.
 - Ley 20 de 1969, declara utilidad pública la minería.
 - Creación del Ministerio de Minas y Energía, 1974
 - Decreto 2310 de 1974; Abolió las Concesiones
 - Ley 2655 de 1988; Estableció el código minero mixto Público – Privado.
 - Decreto 1994 de 1989; Estableció la Nacionalización de la propiedad minera e instauro el modelo de Expropiación sin indemnización.
 - Ley 97 de 1993; Reconocimiento de la propiedad privada.
 - Decreto 2152 de 1999; Se estipuló el mecanismo de integración del sector minero energético.
 - En el 2001 se vuelve a tener un código único la ley 685 de 2001, con una modificación en el 2010 la Ley 1382 de 2010, la cual fue declarada inexecutable en mayo de 2013 por no hacer consulta previa con las comunidades, ya que las afectaba directamente.
 - Sentencia C-339 de 2002; Establece la prevalencia por la protección del medio ambiente por sobre los derechos de los particulares en relación con la industria extractiva.
 - Sentencia C-891 de 2002; faculta al estado para tomar la decisión que considere conveniente, cuando las comunidades y un proyecto minero no encuentren punto de encuentro, siempre y cuando los mecanismos de participación sean razonable y suficientes, y no sólo un canal informativo de lo que se hará.
 - Política Nacional de Seguridad Minera Resolución N° 18-1467 de 2011
 - “Decreto 2235 de 2012 Destrucción de Maquinaria Pesada.

- CONPES 3762 de 2013 “Lineamientos de Política para el Desarrollo de Proyectos de Interés Nacional y Estratégicos” (PINES) Este documento define los lineamientos de política para la identificación y priorización de proyectos en infraestructura, hidrocarburos, minería y energía considerados de interés nacional y estratégicos (PINES)
- Ley 1658 de julio de 2013, por medio de la cual se establecen las disposiciones para la comercialización y el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país.
- Política Nacional para la Formalización de la Minería en Colombia – Resolución n.º 90719 de 2014.
- Plan Nacional de Ordenamiento Minero – Resolución 0256 de 2014.
- Plan Estratégico Sectorial 2010-2014, se estructuró el Fondo de Inversión Minera (FIMIN) con la FEN, Dicho proyecto definió los reglamentos para otorgar los créditos, y además se contó con una empresa certificadora que avalaba dichos créditos. Sin embargo, los créditos no se desembolsaron debido a problemas presupuestales.
- Ley 1753 de 2015.
- Resolución 40391 de 2016

Según el artículo 21 de la Ley 1753 de 2015: Para efectos de implementar una política pública diferenciada, las actividades mineras estarán clasificadas en:

1. Minería de subsistencia
2. Minería pequeña
3. Minería mediana
4. Minería grande

Además establece “El Gobierno nacional las definirá y establecerá los requisitos teniendo en cuenta el número de hectáreas y/o la producción de las unidades mineras según el tipo de mineral. Para la exploración solo se tendrán en cuenta las hectáreas.”

Y según el Glosario Minero vigente, existen 12 clasificaciones de minería en Colombia:

- Minería a cielo abierto: Actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie.

-
- Minería subterránea: Actividades y operaciones mineras desarrolladas bajo tierra o subterráneamente.
 - Minería por paredones: Método de explotación de carbón en fajas delgadas verticales que son cortadas por medios mecánicos a lo largo de caras o paredes rectas.
 - Minería marina: Actividades y operaciones mineras adelantadas en medios marinos o en el límite con ellos.
 - Minería a granel:
 - Método de minería que consiste en extraer grandes cantidades de mena o material de bajo tenor conjunto con la mena o material de alta ley.
 - Cualquier método mecanizado de minería a gran escala que involucre la remoción de miles de toneladas/día, con un relativamente reducido número de personal.
 - Minería aluvial: Actividades y operaciones mineras adelantadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales.
 - Minería de subsistencia:
 - Minería desarrollada por personas naturales que dedican su fuerza de trabajo a la extracción de algún mineral mediante métodos rudimentarios y que en asocio con algún familiar o con otras personas generan ingresos de subsistencia.
 - Se denomina así a la explotación de pequeña minería de aluvión, más conocida como barequeo, y a la extracción ocasional de arcillas, en sus distintas formas, y los materiales de construcción.
 - Minería tradicional: La minería tradicional es aquella que se ha ejercido desde antes de la vigencia de la Ley 685 de 2001, en un área específica en forma continua o discontinua, por personas naturales o grupos de personas naturales o asociaciones sin título 110 minero inscrito en el Registro Minero Nacional, en yacimientos minerales de propiedad del Estado y que, por las características socioeconómicas de éstas y la ubicación del yacimiento, constituyen para dichas comunidades la principal fuente de manutención y generación de ingresos, además de considerarse una fuente de abastecimiento regional de los minerales extraídos. Esta minería es

también informal y puede ser objeto de procesos de formalización a los que hacen referencia los artículos 31 y 257 de la Ley 685 de 2001, así como los programas de qué trata el Capítulo XXIV de la Ley 685 de 2001- Código de Minas. Por lo anterior, se entiende que la minería tradicional es una especie de la minería informal.

- Minería formal: Conformada por unidades de explotación de tamaño variable, explotadas por empresas legalmente constituidas.
- Minería informal: Constituida por las unidades de explotación pequeñas y medianas de propiedad individual y sin ningún tipo de registros contables.
- Minería legal: Es la minería amparada por un título minero, que es el acto administrativo escrito mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo mineros de propiedad nacional, según el Código de Minas. El título minero deberá estar inscrito en el Registro Minero Nacional.
- Minería ilegal: Es la minería desarrollada sin estar inscrita en el Registro Minero Nacional y, por lo tanto, sin título minero. Es la minería desarrollada de manera artesanal e informal, al margen de la ley. También incluye trabajos y obras de exploración sin título minero. Incluye minería amparada por un título minero, pero donde la extracción, o parte de ella, se realiza por fuera del área otorgada en la licencia.

De lo anterior se puede crear una subdivisión clasificatoria de la actividad minera de la siguiente manera:

Clasificación de Minería según desarrollo y característica técnica:

1. Minería a cielo abierto
2. Minería subterránea
3. Minería por paredones
4. Minería marina
5. Minería a granel
6. Minería aluvial
7. Minería de subsistencia

Clasificación de Minería según desarrollo y característica legal:

1. Minería tradicional
2. Minería formal
3. Minería informal
4. Minería legal
5. Minería ilegal

Clasificación de minería según tamaño de área de operación y de producción:

1. Minería de subsistencia
2. Minería Pequeña
3. Minería Mediana
4. Minería Grande

En cuanto a la consecución de los derechos para la realización de una minería formal y legal se tiene que en virtud a la Ley 685 de 2001, existen diferentes formas a través de las cuales se podrán acceder al contrato único de concesión minera:

1. Propuestas de Contrato de Concesión Minera
2. Solicitud de legalización de Minería de Hecho
3. Solicitudes de áreas de Reserva Especial
4. Ejercicio del derecho de prelación de las comunidades indígenas, negras o mixtas
5. Autorización Temporal
6. Solicitud de Formalización Minera

Formalización minera

El Plan de acción de formalización del Ministerio de Minas y Energía de 2014 en su página 1 define lo siguiente: “El proceso para la formalización comprende un conjunto de acciones o actividades, enfocadas a las unidades de producción minera (UPM) de pequeña minería que trabajan bajo el amparo de un título minero y cuenten con instrumento ambiental o lo tengan en trámite, encaminadas a dar cumplimiento a la normatividad y estándares establecidos, con el fin de lograr las mejores prácticas.”

La conciencia sobre la necesidad de formalización de la actividad minera del país viene encadenada al aumento de la conciencia de la importancia de toda la industria para el país y de sus consecuencias para el desarrollo y la sostenibilidad medio ambiental del territorio.

La confluencia de actores y de fenómenos al margen de la ley en un mismo espacio temporal, territorial y de actividad económica, obligó a las autoridades a adoptar la formalización como una herramienta para hacer frente a la ilegalidad y a los pasivos generados por todos los actores al margen de la ley y del control del estado.

El desarrollo de la actividad minera colombiana se ha basado significativamente en el montaje de unidades productivas de pequeña y mediana escala, afectada además por la aparición de manera espontánea de desarrollos de minería artesanal, barequeo y extracción ocasional de minerales, que de manera general, implicaban el desarrollo de labores mineras sin título.

Con la aparición del Decreto 2655 de 1988, en el cual se promulgó el primer Código de Minas, el Estado Colombiano intervino de manera directa en la reglamentación de la actividad minera a través de gran compendio de reglamentaciones, introduciendo modificaciones a las instituciones y estableciendo medidas operativas tendientes a lograr la formalización y legalización de la minería de hecho en el País.

Los primeros avances normativos reales aunque tímidos se realizaron bajo la figura de la legalización de explotaciones de hecho de pequeña minería, retomando las escalas de la minería contenidas en el antiguo Código de Minas o Decreto 2655 de 1988. La Ley 141 específicamente aportó avance a la legalización de la unidades mineras mediante el artículo 58, el cual brindaba el soporte legal para que dentro de los seis (6) meses siguientes a la expedición de la Ley, se vinculara las explotaciones ocupadas en forma permanente a noviembre 30 de 1993, en un procedimiento sencillo y flexible para la legalización, incluso financiando el proceso por parte de las regalías del estado.

Con la expedición de la Ley 685 de 2001 (nuevo código minero), las condiciones se modificaron la flexibilidad del proceso de legalización se eliminó, estableciendo los requisitos mínimos que debían cumplir los solicitantes, exigiendo además una acreditación de antigüedad en el ejercicio de la actividad minera y contar con un desarrollo medianamente desarrollado, estructurando el trámite de solicitudes para la obtención del

título minero, además estipulo que los gastos en el proceso de legalización debían ser asumidos por el solicitante y no por el estado, además se elimina el reconocimiento de la pequeña minería y de la minería de bareque.

En el año 2010, el Gobierno Nacional expidió la Ley 1382 de febrero 09 de 2010, la cual relocalizó el proceso de legalización hacia los explotadores de minas, grupos y asociaciones de minería tradicional sin título inscrito, es decir que en la ley 685 se hablaba de minería permitida, pero en la Ley 1382 se empieza a hablar de tradicionalidad y estipula que dentro de los dos años siguientes a la expedición de la Ley, este nuevo grupo tendrían que solicitar la concesión del área en el cual desarrollaban su actividad para explotarla, siempre que ésta estuviera libre para contratar y siempre y cuando el solicitante lograra acreditar que los trabajos mineros se habían desarrollado de forma continua desde antes de la vigencia de la Ley 685 de 2001. Cabe resaltar que la ley fue declarada inexecutable por la corte constitucional, pero difirió la inexecutableidad a dos años con la intención de salvaguardar los componentes regulatorios y proteccionistas que contenía la ley en temas de medidas ambientales de sostenibilidad y resguardo. En cuanto a formalización permitió que el proceso fuera en áreas libres (como establecía antes en la 685), en áreas de una concesión, lo que significa que podía pedirse en un área ocupada por un título o por una propuesta, generando conflicto, toda vez que desde la legalidad y desde la visión de formalización se vulnera el derecho adquirido que había obtenido el titular minero que venía trabajando y de un momento a otro se le solicitaba el área para minería tradicional. La extracción y explotación ilícita de minerales, está regulada y especificada en el capítulo 17 de la ley 685, especialmente el artículo 165, tema que vuelve y se abre en la ley 1382 la cual realiza esfuerzos jurídicos para tratar de resolver una problemática cultural compleja e histórica que se manifiesta en el que hacer minero fuera de la reglamentación nacional y desconociendo las obligaciones y responsabilidades al ejercer la actividad.

La ley 1382 volvió a abrir la puerta para la formalización minera, pero proveyó los espacios para que las personas que se presentaran con un formulario para formalizar continuaran haciendo minería hasta que la autoridad resolviera. Es decir que se toleraba de cierto modo la explotación ilícita, toda vez que durante la cobertura de la propuesta y de la solicitud de formalización, se podía seguir haciendo minería sin licencia ambiental, sin pago de

regalías, sin consulta previa, en páramos, humedales o donde estuviera el área de explotación hasta que la autoridad resolviera.

El 16 de junio de 2011 se expide la Ley 1450 en la cual se derogó el parágrafo 2 del artículo 12 y el artículo 30 de la Ley 1382, los mencionados artículos se referían específicamente al barequeo y a la utilización de minidragas, provocando otro pronunciamiento de la Corte Constitucional a través de la Sentencia C-331 en el 2012, en la cual se declaraba inexecutable el artículo 276 y reitera su jurisprudencia sobre la protección constitucional al derecho de participación de estas comunidades diferenciadas en las decisiones relativas a la explotación de los recursos naturales en sus territorios indígenas mediante el mecanismo de consulta previa y la importancia del reconocimiento y protección de la minería tradicional así como de los procesos de legalización de la misma, especialmente frente a la Ley del Plan Nacional de Desarrollo.

A raíz de la caída de la ley 1382 en mayo del 2013, sale el Decreto 933 del 9 de mayo de 2013, por el cual se dictan disposiciones en materia de formalización de minería tradicional y se modifican unas definiciones del Glosario Minero. Este decreto el 20 de abril de 2016 fue suspendido por el consejo de Estado, quedando sin aplicación legal. La finalidad de este decreto era resolver las solicitudes de formalización de minería que se encontraran en trámite desde el 2010.

En el año 2014 con la Resolución 90719 se adopta la Política Nacional para la Formalización de la Minería, la cual es expedida por el Ministerio de Minas y Energía. Y en el año 2015 mediante la Ley 1753 se establece los mecanismos para amparar el trabajo bajo un título minero, las figuras del subcontrato de formalización minera con el titular y la devolución de áreas para la formalización, todo lo anterior dirigido a explotadores de pequeña escala o pequeños mineros que fuesen capaces de demostrar que adelantaban actividades de explotación antes del 15 de julio de 2013, dentro de áreas mineras tituladas, pero exige la acreditación de la capacidad económica para la exploración, explotación, desarrollo y ejecución del proyecto minero. Paralelo a lo anterior la misma Ley otorga la potestad a la Autoridad Minera Nacional de delimitar áreas de Reserva Estratégica Minera para la formalización de pequeños mineros, sobre áreas libres o procedentes de la devolución de áreas para la formalización minera.

El Decreto 480 de marzo 06 de 2014, reglamentó las condiciones y requisitos para celebrar subcontratos de formalización entre los titulares mineros y los explotadores de pequeña escala que realicen actividades de explotación en áreas tituladas. Aunado a lo anterior, se formuló el programa de Pymes mineras para fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana minería, para lo cual el MME desarrolló actividades como: capacitación, asistencia técnica y difusión de buenas prácticas mineras y mesas de concertación. El MME ha realizado jornadas de formalización con mineros informales sobre capacitación en el marco normativo general, oferta institucional y servicio de consultorio minero ambiental.

En el año 2016 se deroga la Resolución 90719 y se adopta la resolución 40391, en lo que respecta a formalización minera lo más importante de esta resolución es el otorgamiento de programa de interés nacional a la formalización y establece mecanismos de financiación para aquellas unidades financieramente viables, mediante créditos con entidades financieras con respaldo del gobierno para el programa.

Colombia y sus autoridades mineras han aunado esfuerzos mediante diversos programas para la consecución de la formalización minera y la eliminación de minería ilegal, a lo largo de la historia y con mayor ahínco en los últimos años se han diseñado los siguientes programas:

- Convenio Interadministrativo 027 de 2007, entre el Ministerio de Minas y Energía-MME, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS) , la Fiscalía General de la Nación, la Procuraduría General de la Nación y el Instituto Colombiano de Geología y Minería – Ingeominas (hoy ANM): su objetivo fue aunar esfuerzos y recursos para el diseño e implementación de estrategias que permitieran la erradicación de la minería ilegal. En el mismo sentido, las actividades encaminadas al cierre de minas, serían responsabilidad de las autoridades locales, alcaldes, apoyadas por otras entidades como la Policía, Fiscalías Regionales y Corporaciones Autónomas Regionales.
- Programa “Programa Social de Legalización de Minería de Hecho”: cuyo objetivo fue suscribir los contratos de concesión minera que cumplan con los requisitos

establecidos en la norma, previa participación de las autoridades locales en cumplimiento de la sentencia C-123 de 2014.

- Proyecto “Construcción e implementación del Programa de Formalización Minera” de 2013: cuyo objetivo fue formalizar las unidades productivas tradicionalmente mineras del país, bajo estándares técnicos, económicos, sociales, laborales y de seguridad, generando una minería social a las comunidades merecedoras del apoyo del estado Colombiano. Mejorar la rentabilidad social de la industria minera, basada en explotaciones técnicas, generadoras de empleo, que garanticen el suministro adecuado en función de calidad cantidad y oportunidad para el mercado doméstico de minerales. Al mismo tiempo que desarrollen su actividad con altos niveles de seguridad industrial y salud ocupacional, utilización integral y racional de los yacimientos, dando valor agregado al producto minero, de tal forma que se le asegure al minero excedentes económicos que le permitan elevar su calidad de vida, y que impida la aparición de factores de riesgo generadores de violencia.
- Plan estratégico sectorial para la eliminación del uso del mercurio de 2016: cuyo objetivo fue Fijar las acciones del sector minero para eliminar efectivamente el uso del mercurio de las actividades de beneficio y/o recuperación de oro, lo que prevendrá los riesgos asociados a la salud humana y al medioambiente en el territorio nacional.

Bibliografía

- Adelaida, M., Echeverri, E., María, L., Moreno, U., & Rodas Vélez, C. (2013). Aplicación de Árboles de Decisión para la valoración de compañías de minería aluvial. Retrieved from https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/1356/Echavarr%EDaEcheverri_MariaAdelaida_2013.pdf?sequence=1
- Adrián, C., & Isaza, S. (2013). The Tragedy of the Commons in Artisanal Gold Mining : Evaluation of Mechanisms of Cooperation with Simulation and Economic Experiments La Tragedia de los Comunes en la Minería Aurífera Artesanal : Evaluación de Mecanismos de Cooperación con Simulación y E, (September). Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/17185318.pdf>
- Communications, P. (2008). The Systems Thinker. *The Systems Thinker*, 19(1), 1–13. <http://doi.org/10.1002/asna.19152011810>
- Contraloría general de la república. (2017). *Formalización de la minería en Colombia 2010 - 2016. Comentarios Revisión Corrección* (Vol. 5). Retrieved from <https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/452120/Informe+formalización+de+la+minería+en+Colombia+2010+-+2016.pdf/6808405f-271f-47d6-a2bc-5f8a15ea4868?version=1.1>
- De Sistemas, I., Edwin, W., & Ramos, M. (1996). Comprensión Dinámica de los Campamentos Mineros, Hacia un Nuevo Paradigma. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9985/1/marticorena_rw.pdf
- Delgado Álvarez, C. A., Aramburo, S. A., & Hernández, A. R. (2014). Una propuesta sistémica para el análisis de la productividad de un proceso minero aurífero colombiano A system approach to analyze the productivity of a Colombian gold mining process. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º 72*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n72/n72a15.pdf>
- Emergencias Mineras | Agencia Nacional de Minería ANM. (n.d.). Retrieved November 13, 2017, from https://www.anm.gov.co/?q=emergencias_mineras

- Forrester, J. W. (1971). COUNTERINTUITIVE BEHAVIOR OF SOCIAL SYSTEMS. *Theory and Decision All Rights Reserved*, 2, 109–140.
- González Serna, A., Castañeda Gómez, M., Patricia, D., & Ramírez, G. (2017). La economía extractiva y la economía tradicional en el municipio de Mutatá. Una aproximación sistémica en perspectiva de impactos socio-ambientales (1990-2015). *Revista Rural & Urbano, Recife*, 02(01), 151–174. Retrieved from file:///D:/Desktop/44-146-1-PB.pdf
- Hilson, G., Hilson, A., Maconachie, R., Mcquilken, J., & Goumandakoye, H. (2017). Artisanal and small-scale mining (ASM) in sub-Saharan Africa: Re- conceptualizing formalization and “illegal” activity. *Geoforum*, 83, 80–90. <http://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.05.004>
- Hinton, J. J. (2005). Communities and Small Scale Mining: An Integrated Review for Development Planning. Mining Department, World Bank Group, Washington. *Hamdan Medical Journal*.
- Hinton, J. J., Veiga, M. M., & Veiga, A. T. (2003a). Clean artisanal gold mining: A utopian approach? *Journal of Cleaner Production*, 11(2), 99–115. [http://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00031-8](http://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00031-8)
- Hinton, J. J., Veiga, M. M., & Veiga, A. T. C. (2003b). Clean Artisanal Mining, a Utopian Approach? *Journal of Cleaner Production*, 11, 99–115. Retrieved from http://www.unites.uqam.ca/gmf/globalmercuryforum/files/articles/small_scale_mining/hinton_2002.pdf
- ILO, I. L. O. (2002). *Facts on smal-scale mining*. Retrieved from <http://goo.gl/tQE3GB>
- Kim, D. H. (1992). *Systems-Archetypes-I: Diagnosing Systemic Issues and Designing High - Leverage Interventions*.
- Kim, D. H. (1994a). *Systems-Archetypes-II*.
- Kim, D. H. (1994b). *Systems Thinking Tools: A User's Reference Guide*.
- Kim, D. H. (1999). Introduction to Systems Thinking. *Most*, (September 2010), 16. Retrieved from <https://thesystemsthinker.com/wp-content/uploads/2016/03/Introduction-to-Systems-Thinking-IMS013Epk.pdf>
- Kim, D. H. (2000). *Systems Archetypes III*.
- La, P., De Tesis, M., Arturo, D., & Soto, E. (2006). ANÁLISIS DE RIESGO Y TOMA DE

- DECISIONES ESTRATEGICAS EN PROYECTOS MINEROS INGENIERO ECONOMISTA. Retrieved from http://repositorio.uni.edu.pe/bitstream/uni/1803/1/espinoza_sd.pdf
- Labonne, B. (2014). Who is afraid of artisanal and small-scale mining (ASM)? *Extractive Industries and Society*, 1(2), 121–123. <http://doi.org/10.1016/j.exis.2014.03.002>
- Liévano, F., & Londoño, J. (2012). El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas. *Soluciones de Posgrado EIA*, 4(8), 43–65. Retrieved from <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/689/1/RSO00081.pdf>
- Marshall, B. G., & Veiga, M. M. (2017). Formalization of artisanal miners: Stop the train, we need to get off! *Extractive Industries and Society*, 4(2), 300–303. <http://doi.org/10.1016/j.exis.2017.02.004>
- Meech, J. A., Veiga, M., & Angeloci, G. (2014). Changing the Habits of Artisanal Miners. Ministerio de Minas y Energía. (2012). Censo Minero Departamental 2010-2011. Retrieved from <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/698204/CensoMinero.pdf/093cec57-05e8-416b-8e0c-5e4f7c1d6820>
- Ministerio de Minas y Energía. (2016). Política minera de Colombia. Bases para la minería del futuro. *Minminas*, 1–62. <http://doi.org/10.1128/JB.187.23.8156>
- Ministerio de Minas y Energía - Colombia. (2014). Política Nacional para la Formalización de la Minería en Colombia, 111. Retrieved from <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/581708/DocumentoPoliticaVersionFinal.pdf/9fd087db-7849-4728-92ff-6e426acc9c>
- MMSD. (2002). *Global Report on Artisanal & Small-Scale Mining*.
- Nicolás, J., Socarrás, T., Guía, P., Jadue, N., De, M. M., Comisión, L., ... Chile, D. (2014). ARBOL DE DECISION PARA LA GESTION Y CONTROL DEL COSTO DE TRANSPORTE INTERIOR MINA. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116308/Árbol-de-decisión-para-la-gestión-y-control-de-costos-de-transporte-interior-Mina.pdf?sequence=4>
- Pantoja Timarán, F. H., & Pantoja Barrios, S. D. (2016, September 5). PROBLEMAS Y DESAFÍOS DE LA MINERÍA DE ORO ARTESANAL Y EN PEQUEÑA ESCALA EN COLOMBIA. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XXIV(2), 147–160. <http://doi.org/10.18359/rfce.2217>

- Peluso, N. L. (2018). Entangled Territories in Small-Scale Gold Mining Frontiers: Labor Practices, Property, and Secrets in Indonesian Gold Country. *World Development*, 101, 400–416. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.11.003>
- Phsn. Tuan. (2008). A SIMULATION OF THE ILLEGAL COAL MINING, (June), 1–24. Retrieved from <http://ssrn.com/abstract=2403360>
- Restrepo, T. R. (n.d.). *CENTRO DEL PENSAMIENTO*. Retrieved from www.alianzawj.com
- Saldarriaga-Isaza, A., Villegas-Palacio, C., & Arango, S. (2013). The public good dilemma of a non-renewable common resource: A look at the facts of artisanal gold mining. *Resources Policy*, 38(2), 224–232. <http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.02.001>
- Sanmiquel, L., Rossell, J. M., & Vintró, C. (2015). Study of Spanish mining accidents using data mining techniques. *Safety Science*, 75, 49–55. <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.01.016>
- Senge, P. (1990). *La Quinta Disciplina*. (Ediciones Granica S.A., Ed.). Buenos Aires.
- Siegel, S., & Veiga, M. M. (2009). Artisanal and small-scale mining as an extralegal economy: De Soto and the redefinition of “formalization.” *Resources Policy*, 34(1–2), 51–56. <http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2008.02.001>
- Sierra Vélez, X. (2017). Herramientas para la toma de decisiones para la mitigación y adaptación al cambio climático. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/59132/1/1053792568.2017.pdf>
- Sinan Erzurumlu, S., & Erzurumlu, Y. O. (2014). Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis. *Resources Policy*, 46, 6–14. <http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.10.001>
- Smith, R., Mesa, O., Dyner, I., Jaramillo, P., Poveda, G., & Valencia, D. (2000). Decisiones con múltiples objetivos e incertidumbre.
- Somos tesoro, & Alianza por la minería responsable. (2016). *Cartilla 1. Legalización de la pequeña minería*. Retrieved from http://www.somostesoro.org/files/uploads/documents/Somos_tesoro_Cartilla_1_v14_1_ilovepdf_compressed.pdf
- Spitz, K., & Trudinger, J. (2009). Mining and the Environment: From Ore to Metal. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*.

- <http://doi.org/10.1080/17480930903429794>
- Tesoro, S., & Alianza por la minería responsable. (2016a). *Cartilla 2. Aspectos técnicos de la pequeña minería*. Retrieved from http://www.somostesoro.org/files/uploads/documents/Somos_tesoro_Cartilla_2_15_1_ilovepdf_compressed.pdf
- Tesoro, S., & Alianza por la minería responsable. (2016b). *Cartilla 3. Aspectos ambientales de la pequeña minería*. Retrieved from http://www.somostesoro.org/files/uploads/documents/Somos_tesoro_Cartilla_3_10_1_ilovepdf_compressed.pdf
- Tesoro, S., & Alianza por la minería responsable. (2016c). *Cartilla 4 Aspectos socio-laborales de la pequeña minería*. Retrieved from http://www.somostesoro.org/files/uploads/documents/Somos_tesoro_Cartilla_4_11_1_ilovepdf_compressed.pdf
- Tesoro, S., & Alianza por la minería responsable. (2016d). *Cartilla 5. Aspectos económicos y administrativos de la pequeña minería*. Retrieved from http://www.somostesoro.org/files/uploads/documents/Somos_tesoro_Cartilla_5_06_1_ilovepdf_compressed.pdf
- Turpo, J. (2015). MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN OPERACIONES DE MOVIMIENTO DE MATERIALES MEDIANTE LA TÉCNICA DEL ÁRBOL DE DECISIONES Y FACTOR DE ACOPLAMIENTO PROYECTO INMACULADA. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/246/B2-M-18434.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Verbrugge, B., & Besmanos, B. (2016). Formalizing artisanal and small-scale mining: Whither the workforce? *Resources Policy*, 47, 134–141. <http://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.01.008>