

**IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO
AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR
MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

**Documento de líneas gruesas de medidas preliminares de adaptación particulares a la realidad
y prospectivas del ciclo de proyectos (exploración, construcción y montaje, explotación -
incluyendo transporte, cierre y post-cierre) de la minería en Colombia**



Elaborado para:



Elaborado por:




Bogotá
Diciembre de 2015

**IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO
AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR
MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

**Documento de líneas gruesas de medidas preliminares de adaptación particulares a la realidad
y prospectivas del ciclo de proyectos (exploración, construcción y montaje, explotación -
incluyendo transporte, cierre y post-cierre) de la minería en Colombia**

Hoja de Control

Ambiental Consultores & Cía. Ltda., ACON, miembro Grupo INERCO

Versión: 001	Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha aprobación: 9 de Diciembre de 2015
	Ambiental Consultores y Cía. Ltda. 	Jairo Herrera Helga Lahmann	Rodrigo Jiliberto	
	Vo. Bo.:	Vo. Bo.:	Vo. Bo.:	

En la preparación de este documento, Ambiental Consultores & Cía. Ltda. - Miembro Grupo INERCO, utilizó la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales; así como de otras fuentes no gubernamentales. La UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este documento, ha sido preparado por Ambiental Consultores & Cía. Ltda. - Miembro Grupo INERCO con un conocimiento razonable, el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con la UPME.

Anotaciones:

Equipo Técnico:

Rodrigo Jiliberto – Economista, Msc. Desarrollo Económico- Director del Proyecto

Helga Lahmann – Economista, Msc. Gestión Ambiental - Coordinadora del proyecto

Jairo Herrera – Ingeniera Ambiental – Especialista en Minería

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES Y DEFINICIONES.....	4
1.1 Definiciones generales.....	5
1.2 Capacidad adaptativa.....	7
1.2.1 Determinantes de la capacidad adaptativa.....	7
1.2.2 Factores de la capacidad de adaptación.....	8
1.2.3 Factores de sensibilidad.....	8
1.3 Tipos de adaptación.....	9
1.4 Elementos de diseño de la adaptación.....	9
1.5 Consideraciones generales.....	10
2. LA ADAPTACIÓN EN LA INDUSTRIA MINERA INTERNACIONAL.....	11
2.1 Situación global.....	11
2.2 Situación en Latinoamérica.....	12
2.3 Enfoques corporativos de la adaptación.....	13
2.4 Impulsores y barreras a la adaptación.....	14
2.5 Lecciones aprendidas sobre adaptación climática en la industria global.....	15
2.6 Consideraciones generales sobre adaptación de la industria minera internacional.....	17
3. LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS PRELIMINARES DE ADAPTACIÓN PARA LA ADAPTACIÓN DE LA MINERÍA COLOMBIANA AL CAMBIO Y LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICOS.....	19
3.1 Introducción a las líneas gruesas de medidas de adaptación.....	19
3.2 Enfoque para el diseño de grandes líneas de adaptación climática de la minería.....	19
3.3 El punto de partida: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.....	21
3.4 Líneas estrategias para la adaptación de la minería al CC.....	24
3.4.1 Línea estratégica 1. Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación al cambio climático.....	24
3.4.2 Línea estratégica 2. Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros.....	25
3.4.3 Línea estratégica 3. Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática	25

3.4.4	Línea estratégica 4. Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero	26
3.4.5	Línea estratégica 5. Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros	26
3.5	Estrategias de adaptación para el sistema minero	26
3.5.1	Promover el liderazgo corporativo en temas de adaptación climática	27
3.5.2	Garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura y la logística utilizada por el sistema minero	27
3.5.3	Generar iniciativas público privadas para que las empresas inicien sus estudios y mejoramiento de los componentes según los tipos de sistema minero	27
3.5.4	Desarrollar el conocimiento y la experiencia	28
3.5.5	Integrar la adaptación al cambio climático de la industria minera en la administración pública (planificación territorial)	28
3.5.6	Incluir los actores mineros dentro de la planificación del territorio, las cuencas y el recurso hídrico	29
3.5.7	Gestionar los riesgos del cambio climático para reducir las vulnerabilidades	29
3.5.8	Explorar medidas de adaptación eficientes y bajo esquemas de análisis de costo efectividad	30
3.5.9	Mantener los servicios ecológicos esenciales que contribuyen al desempeño industrial minero, el bienestar humano y la prosperidad de las comunidades presentes en el distrito minero	30
3.5.10	Ofrecer capacitación especializada en adaptación al cambio climático	31
4.	MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN DE LA MINERÍA AL CAMBIO CLIMÁTICO	33
4.1	Aspectos generales	33
4.2	Medidas de adaptación por tipo de componente	35
4.2.1	Componente administrativo y financiero	35
4.2.2	Componente de recursos humanos	36
4.2.3	Componente de la cadena de suministros	36
4.2.4	Componente extractivo	36
4.2.5	Componente de almacenamiento temporal	37
4.2.6	Componente de transporte y comercialización	37
4.2.7	Componente de beneficio y transformación	38
4.2.8	Entorno de las unidades productivas	38
5.	ESQUEMA PARA EL DISEÑO DE GRANDES LÍNEAS Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA MINERÍA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MARCO DE UN PLAN SECTORIAL DE ADAPTACIÓN	39
6.	CASO PILOTO: ADAPTACIÓN CLIMÁTICA DE LA MINERÍA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL DISTRITO MINERO DE VILLAVICENCIO – CASTILLA LA NUEVA	41

6.1	Generalidades del distrito minero de Villavicencio – Castilla La Nueva	41
6.1.1	Registros históricos de producción	42
6.1.2	Escenario climático futuro	43
6.2	Análisis sintético de los riesgos climáticos sobre la minería de materiales de construcción en el distrito minero Villavicencio – Castilla La Nueva	43
6.3	Caracterización de eventos amenazantes.....	44
6.4	Valoración de la gravedad de las amenazas directas e indirectas	45
6.5	Visión sinóptica de las amenazas al sistema minero.....	46
6.6	Valoración de la vulnerabilidad.....	48
6.6.1	Índice de sensibilidad minera.....	49
6.6.2	Índice de capacidad de adaptación del sistema minero.....	50
6.6.3	Índice de vulnerabilidad climática del sistema minero	51
6.7	Estimación del riesgo.....	51
6.7.1	Cualificación de los riesgos climáticos	52
6.8	Objetivos y estrategia de adaptación.....	53
6.9	Líneas estrategias para la adaptación de materiales de construcción en Villavicencio .	54
6.9.1	Línea estratégica 1. Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación climática.....	54
6.9.2	Línea estratégica 2. Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros.....	54
6.9.3	Línea estratégica 3. Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática	55
6.9.4	Línea estratégica 4. Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero	55
6.9.5	Línea estratégica 5. Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros	56
6.10	Estrategias y objetivos de adaptación para el sistema minero	56
6.10.1	Promover el liderazgo corporativo en temas de adaptación climática.....	56
6.10.2	Garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura y la logística utilizada por el sistema minero.....	56
6.10.3	Generar iniciativas público privadas para que las empresas inicien sus estudios y mejoramiento de los componentes según los tipos de sistema minero.....	57
6.10.4	Desarrollar el conocimiento y la experiencia.....	57
6.10.5	Integrar la adaptación al cambio climático de la industria minera en la planificación territorial	58
6.10.6	Incluir a los actores mineros dentro de la planificación del territorio, las cuencas y el recurso hídrico	58

6.10.7	Gestionar los riesgos del cambio climático para reducir las vulnerabilidades.....	59
6.10.8	Explorar medidas de adaptación eficientes y bajo esquemas de análisis de costo efectividad59	
6.10.9	Mantenimiento de los servicios ecosistémicos esenciales que contribuyen al desempeño industrial minero, el bienestar humano y la prosperidad de las comunidades presentes en el distrito minero	60
6.10.10	Ofrecer capacitación especializada en adaptación al cambio climático	60
	BIBLIOGRAFÍA.....	62

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1 Impulsores y barreras a la adaptación	15
Tabla 3-1 Líneas estratégicas, estrategias y objetivos para la adaptación de los sistemas mineros colombianos	32
Tabla 6-1 Principales distritos de material de arrastre	43
Tabla 6-2 Número de amenazas directas e indirectas por componentes	47
Tabla 6-3 Porcentaje de puntaje de amenaza por componente	48
Tabla 6-4 Índice de sensibilidad del sistema minero en el distrito Villavicencio – Castilla La Nueva	49
Tabla 6-5 Índice de capacidad de adaptación del sistema minero en el distrito Villavicencio – Castilla La Nueva	50
Tabla 6-6 Escala para determinar índice de Vulnerabilidad	51
Tabla 6-7 Índice de riesgo	52
Tabla 6-8 Líneas estratégicas, estrategias y objetivos de adaptación del sistema minero Villavicencio – Castilla La Nueva	61

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1 Análisis de riesgo climático	4
Figura 5-1 Modelo de definición Sistema Minero de Plan de Adaptación al Cambio y la Variabilidad Climática	39
Figura 6-1 Departamentos de material de arrastre	43
Figura 6-2 Amenazas directas e indirectas para el sistema minero	46

IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Documento de líneas gruesas de medidas preliminares de adaptación particulares a la realidad y prospectivas del ciclo de proyectos (exploración, construcción y montaje, explotación - incluyendo transporte, cierre y post-cierre) de la minería en Colombia

INTRODUCCIÓN

Este documento se enmarca en el desarrollo del contrato de Consultoría No C-314484-003-2015 celebrado entre Ambiental Consultores & Cía. Ltda. (ACON) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), proyecto denominado *Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el Uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación*.

El propósito del documento es como su título señala, identificar líneas gruesas de medidas preliminares de adaptación particulares a la realidad y prospectivas del ciclo de proyectos (exploración, construcción y montaje, explotación - incluyendo transporte, cierre y post-cierre) de la minería en Colombia.

Se trata, por tanto, de identificar líneas gruesas preliminares. Esto no parece casual, toda vez que como, se ha indicado en el resto de documentos que forman parte de esta consultoría, y lo ratifica el análisis de la experiencia internacional en éste, la experiencia en materia de adaptación de la minería al cambio y la variabilidad climática no es profusa, limitándose a experiencias más bien aisladas, y en ningún caso referidos a una estrategia nacional. Se entiende entonces, que su labor es proporcionar una primera mirada sobre la adaptación en el sector minero, antes que ofrecer una paleta definitiva de medidas de adaptación.

Este instrumento mantiene la perspectiva metodológica asumida para analizar la vulnerabilidad y el riesgo al cambio y la variabilidad climática en el otro componente de esta consultoría en materia minera, en el sentido que la decisión de referencia tanto en ese caso como en éste, es un plan nacional de adaptación al cambio y la variabilidad climática, no una decisión de adaptación de una operación minera.

Lo que diferencia una aproximación de otra es que en el caso de una operación, las medidas tienden a estar concebidas para gestionar riesgos operativos a los efectos del cambio y la variabilidad climática. Estos riesgos deben ser gestionados con medidas a escala operativa, fortalecer una estructura, cambiar, diversificar el suministro de energía, por ejemplo, cuando lo que se tiene como referencia no es una operación sino un sector, como la minería, o un sistema minero, tal como se ha formulado como unidad de análisis en esta consultoría, entonces, emergen dos diferencias relevantes respecto de la situación anterior.

Por un lado, antes que identificar medidas, el reto en ese caso es identificar una estrategia para gestionar ese riesgo, lo que es, por lo demás, lo propio de un plan, pues lo que se enfrenta no es un riesgo singular, sino un conjunto de riesgos en un conjunto disímil de operaciones (las que componen el sistema), es decir, una situación de riesgo cuya gestión integrada requiere de una mirada estratégica.

Por otro lado, los riesgos de los que debe dar cuenta esa estrategia son riesgos estructurales para el sistema, no operativos (véase Documento parte de esta consultoría denominado “Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados”). Es decir, no hay un sentido de univocidad entre lo que sirve para gestionar un riesgo operativo específico y lo que sirve para gestionar un riesgo para un sistema aunque en ambos casos se haga referencia a un mismo riesgo específico.

Por ejemplo, si existiese un riesgo operativo de déficit energético debido a la demanda para evacuar aguas de inundaciones de pozo de un pit minero debido a la posibilidad futura de mayores inundaciones, lo que sirve a una operación puede ser disponer de un sistema de energía de emergencia. Sin embargo, lo que pueda servir a un sistema puede ser muy distinto, si ese sistema está compuesto por 40 operaciones de minería de subsistencia, entonces, quizás la solución para ese conjunto de 40 operaciones técnicamente no sólo sea distinta, incluso puede ser la misma, pero la tarea para el sistema, en ese caso, es lograr que cada unidad minera, a pesar de sus dificultades, se haga cargo de llevar a delante esa mejora consistente en disponer de un sistema energético alternativo. Medida que es distinta a la de una operación consistente en instalar fácticamente un sistema alternativo.

Entonces, las medidas a escala de un plan para un sistema minero están un escalón más arriba que las medidas que gestionan riesgos operativos derivados del cambio y la variabilidad climática para una mina, que son los más conocidos en la experiencia internacional. No obstante, esas medidas operativas también tienen su lugar en un plan a expensas de insertarse en un marco estratégico.

En esa lógica, en el presente documento se ha llevado a cabo, en primer lugar, una revisión de la experiencia internacional en la materia. A continuación, y teniendo en cuenta tanto la experiencia internacional, como las referencias nacionales contenidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, se propone un modelo genérico de estructura de un plan sectorial de adaptación. Como colofón de ese ejercicio se desarrolla un capítulo exclusivo con medidas, que tienen una escala mucho más operativa.

Luego, se ha definido un marco para la planificación estratégica de medidas de adaptación, es decir, para formular un plan específico, que se entiende que se debe aplicar como consecuencia de que a un sistema minero se le ha realizado un análisis de vulnerabilidad y riesgo ante el cambio y la vulnerabilidad climática. Se trata de un esquema de apoyo a ese proceso de formulación del plan.

Aparte, se lleva cabo un ejercicio ilustrativo tomando como referencia el caso del sistema de minería de materiales para la construcción en el entorno de Villavicencio.

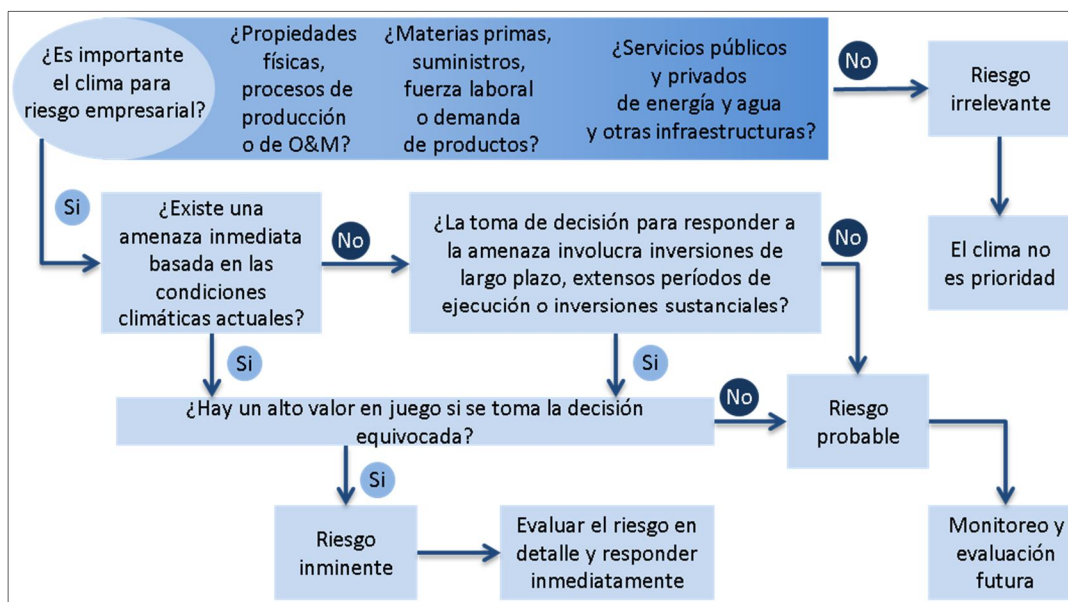
El documento está estructurado en cinco grandes apartados. En el primero, se explicitan algunas definiciones como punto de partida y se hacen algunas reflexiones generales de contexto. En el segundo, se analiza la experiencia internacional en materia de adaptación al cambio climático en la industria minera. En el tercer apartado, se propone una aproximación general para la definición de las medidas de adaptación de la minería al cambio y la variabilidad climática para el país. En el cuarto, se propone un esquema general de Líneas Estratégicas, y Medidas o Acciones. Por último, en un quinto apartado se aplica este esquema general al caso de la minería de materiales de construcción de la zona de Villavicencio a modo de ilustración.

1. ANTECEDENTES Y DEFINICIONES

Los tomadores de decisiones públicas y privadas están adquiriendo consciencia de los impactos potenciales del cambio climático del aumento de la vulnerabilidad y, en consecuencia, de la necesidad de implementar medidas de adaptación, definida como el “Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas” (IPCC, 2007).

Las implicaciones del cambio climático exceden los efectos directos del clima sobre la infraestructura y las operaciones mineras, por lo que deben formar parte integral de la planificación a largo plazo. Por esta razón, aunque con bastante lentitud, las empresas extractivas líderes han comenzado a considerar los riesgos climáticos en sus evaluaciones de gestión de riesgos corporativos, incluyendo el cumplimiento de las regulaciones relacionadas, la percepción de los accionistas y los clientes, el control de los gases de efecto invernadero.

Figura 1-1 Análisis de riesgo climático



Fuente: Sussman & Freed, 2008.

Sobre la industria minera siempre pesarán las amenazas asociadas con eventos climáticos extremos tales como lluvias torrenciales, inundaciones, sequías, incendios forestales y deslizamientos, entre otros. Es por esta razón que se le considera como una de las más expuestas a los impactos del cambio y la variabilidad climática.

Aún, bajo la creciente presión ejercida por accionistas, reguladores y consumidores, persiste una gran incertidumbre sobre las proyecciones climáticas que, sumadas a las fuertes inversiones requeridas para diseñar, construir o modernizar la infraestructura para la adaptación, ha hecho que el grueso de las empresas mineras posterguen la inclusión del riesgo climático dentro de los procesos de toma de decisión (Rodgers et. al., 2010, pág. 10). Adicionalmente, muchos técnicos no reconocen aún que, bajo las condiciones actuales, el pasado no necesariamente es el mejor predictor del clima futuro.

1.1 Definiciones generales

Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2012) la adaptación hace referencia a “la combinación de fortalezas, atributos y disponibilidad de recursos en una organización que puedan ser usados para incrementar el estado de preparación para atención de emergencias e implementar acciones que permitan reducir los impactos adversos, disminuir los daños o identificar nuevas oportunidades”.

Por su parte, IPCC (2014) complementa la definición anterior al considerar que la adaptación es el “proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos”.

De acuerdo con Pettengelle (2010), citado por Yulandhika e Imroatul (2014) la adaptación debe entenderse como un proceso de evaluación y reevaluación de los requisitos y la información relacionados con los impactos del cambio climático en que se desarrollen las actividades extractivas y, en consecuencia, debe considerarse como un proceso flexible de largo plazo que contempla todo el ciclo minero más que una escogencia entre la reducción de la vulnerabilidad y la preparación para afrontar amenazas específicas.

Según Tompkins y otros (2010), citado por Noble y otros (2014), la adaptación implica la reducción de los riesgos y las vulnerabilidades, la búsqueda de oportunidades, la construcción de capacidades y la movilización para implementar las decisiones y las acciones. Por su parte, define la vulnerabilidad como la “propensión o predisposición a ser afectado negativamente”, y comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación” (IPCC, 2014, pág. 5).

Para reducir los riesgos será necesario calificarlos en términos de la probabilidad de pérdidas en vidas humanas o económicas, como:

- Riesgo aceptable. Aquel en el cual el nivel de pérdidas no causa la destrucción de vidas, económicas locales o personales (PNUD, 2010, pág. 1), es decir, aquel en el cual no se materializan las condiciones que definen un desastre (Lavell, A., 2012, pág. 9).
- Riesgo evitable. Aquel que puede eliminarse definitivamente con la adopción de medidas preventivas (Generalitat de Catalunya, 2006). Aquel en el que las pérdidas de vidas y el impacto financiero será tan grande que resulta mejor erradicar el peligro al no abordar la actividad sometida a este, sustituir el proceso afectado o reubicar las plantas industriales, entre otros.
- Riesgo mitigable (reducir o controlar). Asociado con eventos que pueden causar pérdidas en vidas pero bajos impactos financieros, así que la opción más loable es controlar o reducir la respuesta del sistema para reducir el riesgo de pérdidas potenciales.
- Riesgo transferible. Relacionado con eventos de baja probabilidad de ocurrencia y grandes impactos financieros por lo que resulta apropiado transferir parcial o totalmente el riesgo a un actor más apropiado para su gestión mediante la adquisición de pólizas de seguro, la subcontratación o las alianzas con otros actores estratégicos.

Adicionalmente, el riesgo puede considerarse como: 1) Riesgo inminente entendido como aquel que requiere atención inmediata; 2) Riesgo probable producido por amenazas que precisan monitoreo y revisión en determinado tiempo; y 3) Riesgo irrelevante como aquel que no es significativo y no requiere más análisis.

Por otro lado, los requerimientos de la adaptación son la brecha entre lo que puede suceder debido al cambio climático y lo que se desea que ocurra. El uso del término “requerimientos” ha variado junto con los análisis sucesivos de la adaptación. En los programas nacionales de acción para la adaptación (NAPA por sus siglas en inglés) estos requerimientos fueron asumidos como vulnerabilidades y actividades prioritarias de adaptación; sin embargo, más recientemente, se han considerado como el abordaje de las causas subyacentes de la vulnerabilidad tales como información, capacidad, financiamiento, institucionalidad y necesidades tecnológicas.

De acuerdo con Noble y otros (2014), los requerimientos de la adaptación representan aquellas circunstancias que precisan información, recursos y ejecución para garantizar la seguridad de la población y la infraestructura ante impactos climáticos; las opciones de adaptación corresponden al conjunto de estrategias y medidas disponibles y apropiadas para direccionar adecuadamente dichos requerimientos. Como es de esperarse, se precisa el compromiso de individuos, organizaciones y gobiernos en todos los niveles para lograr la identificación de los requerimientos y la implementación de las opciones.

En términos adaptativos, la industria ha tendido a confundir la resiliencia, entendida como la capacidad de recuperar el estado inicial al cesar la perturbación (RAE, 2014), con la aplicación

de acciones reactivas para soportar puntualmente el embate de eventos extremos puntuales (resistencia).

El desafío al enfrentar los cambios climáticos ofrece dos alternativas: mitigación y adaptación. La mitigación representa la reducción de la magnitud de la amenaza, en este caso del cambio climático, por vía de la reducción de emisiones buscando compensar los efectos de los gases de efecto invernadero; mientras que la adaptación busca limitar la vulnerabilidad. Una correcta estrategia para enfrentar el cambio climático debe integrar ambos conceptos.

1.2 Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa frente al cambio climático es la “capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluidas la variabilidad climática y los fenómenos extremos) con el fin de moderar los daños potenciales, beneficiarse de las oportunidades o afrontar las consecuencias” (IPCC, 2007). Esta capacidad de adaptación, considerada como inherente al sistema (Smithers, J. & Smit, B., 1997), se refiere a la habilidad de las unidades productivas, los distritos mineros o el sector para dirigir, planificar y ajustarse a las nuevas condiciones impuestas (Pearce et. al., 2009); es decir, corresponde al conjunto de características que permiten gestionar el riesgo a través de la adopción de procesos y herramientas adecuadas (Wall, E. & Marzall, K., 2006).

1.2.1 Determinantes de la capacidad adaptativa

Se han identificado seis elementos fundamentales en la capacidad adaptativa: acceso a recursos económicos, tecnología, infraestructura, información – experticia, coordinación interinstitucional y acceso equitativo a recursos (IISD, 2014). Estos determinantes deben integrarse en la construcción de herramientas, preferiblemente conjuntas entre entidades públicas y privadas, que permitan anticipar múltiples eventos que excederán aquellos experimentados hasta el momento y que inducirán a impactos acumulativos que deberán considerarse en todo momento (Pittman et. al. 2013, pág. 15).

No obstante, existen algunas barreras en la construcción de capacidad adaptativa en la industria minera. La de mayor trascendencia es la inhabilidad para reconocer el potencial de incremento futuro de la vulnerabilidad que ha sido asociada con la existencia de pruebas contradictoras o confusas en las proyecciones de cambio climático (Hodgkinson, J., Loechel, B., & Crimp, S., 2013). Otras barreras están relacionadas con la multiplicidad de niveles educativos de los actores, la divergencia de prioridades regionales o locales.

1.2.2 Factores de la capacidad de adaptación

Según Rodgers et. al. (2010) y Patino (2010), algunos factores a considerar durante la formulación de las líneas estratégicas y las medidas adaptativas son:

- Los tomadores de decisiones deben comunicar con claridad los objetivos ambientales y las consecuencias del cambio climático que pueden impactar la capacidad adaptativa.
- Los instrumentos de adaptación deben reflejar las normas vigentes y los umbrales a partir de los cuales se considera el impacto de los eventos climáticos.
- Los efectos de la inacción o la falta de atención a los riesgos asociados al cambio climático resultan más costosos que su adecuada gestión.
- Los procesos de adaptación deben contar con análisis permanente sobre ocurrencia de eventos climáticos extremos, incertidumbres en los datos climáticos, escenarios climáticos y monitoreo de un grupo amplio de condiciones ambientales que servirán como indicadores del cambio climático.
- La adaptabilidad debe estar incorporada en todos los procesos de planificación y toma de decisiones.
- Las medidas adaptativas deben ser flexibles para permitir ajustes en cuanto sea requerido.
- Las incertidumbres inherentes al cambio climático deben abordarse desde un rango de posibles escenarios climáticos futuros.
- La mitigación y la adaptación son conceptos complementarios.

1.2.3 Factores de sensibilidad

La sensibilidad que define la debilidad relativa del sistema ante una amenaza (DNP et. al. 2012, págs. 23, 63), está en función de las condiciones geográficas, los factores socioeconómicos y la infraestructura, entre otros (Miller et. al., 2013, pág. 5).

En esta investigación se ha propuesto que la susceptibilidad del sistema minero a sufrir daños depende de su grado de estructuración que, en general, puede clasificarse en cuatro grupos (minería de subsistencia, pequeña minería, mediana minería y gran minería) según los siguientes factores:

- Acceso inmediato a recursos económicos durante una emergencia.
- Soluciones (reactivas o programadas) ante eventos hidroclimáticos extremos.
- Grado de conocimiento técnico para mitigar los riesgos climáticos y residuales.
- Monitoreo periódico ambiental y climático.
- Capacidad de diseño e implementación de planes y programas adaptativos.
- Grado de dependencia de recursos estatales para atender efectos hidroclimáticos.

1.3 Tipos de adaptación

Los sistemas humanos y naturales tienen la capacidad para enfrentar las circunstancias adversas; sin embargo, con los cambios climáticos continuos es necesario fortalecer esa adaptabilidad (IPCC, 2012). Según los actores, los sectores y las regiones geográficas varían las capacidades adaptativas según las oportunidades, que permiten planificar e implementar la adaptación, y las restricciones, que la inhiben.

Una correcta adaptación precisa información adecuada sobre los riesgos y las vulnerabilidades para poder identificar los requerimientos y las opciones más apropiadas de adaptación como estructurales (ingenieriles y constructivos, tecnológicos y ecosistémicos), sociales (educativos, informativos, comportamentales) o institucionales (económicos, legislativos, regulatorios, políticas y programas de gobierno).

Existen dos tipos generales de adaptación: la primera es la adaptación transformativa que busca modificar los atributos fundamentales de los sistemas en respuesta a los efectos del cambio climático actual o proyectado mediante procesos de reconversión laboral (como cambiar agricultura por ganadería o viceversa), migración y cambios en la percepción sobre las relaciones del cambio climático con los sistemas naturales y humanos (IPCC, 2014). Sin embargo, y de acuerdo con O'Brien (2012) citado por IPCC (2014, pág. 839), este tipo de adaptación puede conducir a desigualdades sociales si no está correctamente dirigida. La segunda, y la más deseada debido a la imposibilidad de reubicar los yacimientos, es la adaptación incremental que se refiere a las acciones que mediante ajustes pretenden preservar la esencia y la integridad de los sistemas tecnológicos, institucionales y gubernativos, entre otros.

La planificación proactiva es un componente importante en la adaptación incremental al cambio climático que abarca desde la identificación de las áreas donde se ubicarán las instalaciones mineras (topografía, drenajes naturales e información hidroclimatológica) hasta la preparación para las emergencias (códigos y técnicas para construcción de infraestructura, rutas de evacuación, capacitación del personal y existencia de centros de salud, entre otros).

1.4 Elementos de diseño de la adaptación

La detección de riesgos climáticos potenciales a corto y largo plazo tiene por objeto verificar el grado de exposición de la minería ante fenómenos amenazantes con el fin de diseñar las medidas de mitigación más apropiadas. Para establecer si el cambio climático es un factor importante en la toma de decisiones es necesario:

- Reconocer la vulnerabilidad (sensibilidad). Se requiere conocer cuáles aspectos del negocio ACON-Miembro Grupo INERCO Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)-0580-112-V.001-diciembre/2015

muestran mayor sensibilidad ante el clima mediante análisis de los efectos físicos potenciales del cambio climático con respecto al inventario de operaciones y activos. Por supuesto, las más sencillas de identificar serán aquellas operaciones susceptibles de interrupción por inundaciones o con historial de daños relacionados con el clima.

- Identificar las decisiones susceptibles al cambio climático. Determinar la inminencia de cada amenaza permite revelar cuáles activos requieren atención en el corto plazo y cuales permiten decisiones adaptativas con mayor nivel de información. La consideración fundamental es que las decisiones actuales determinarán la vulnerabilidad futura y que las adaptaciones a corto plazo pueden elevar la rentabilidad en el largo plazo.
- El diseño de los contratos de suministros (agua, energía, alimentos, insumos, etc.) deberá considerar las posibles implicaciones climáticas futuras.
- Evaluar la magnitud del riesgo asociado. El paso final es conocer el costo de una decisión equivocada, es decir, examinar si la magnitud en juego es tal que merece mayor investigación y evaluación. En este caso el costo puede referirse al tamaño de la inversión, al cambio en flujo de caja, al valor de la empresa, a la reputación, al mercado, a las metas de crecimiento y otras medidas de éxito empresarial.

El resultado final del análisis arrojará una de tres condiciones probables de riesgo: inminente, probable o irrelevante.

1.5 Consideraciones generales

A partir de lo expuesto anteriormente, puede reconocerse que la industria minera global ha comenzado a reconocer los riesgos que implica el cambio climático en cada uno de sus diferentes componentes; no obstante, debido a las fuertes inversiones requeridas para enfrentar el cambio climático bajo fuertes condiciones de incertidumbre, la adopción de medidas de adaptación aún no es un tema prioritario para las altas gerencias de las empresas.

Los procesos adaptativos más propicios para la industria extractiva son aquellos cuya flexibilidad esté acorde con una actividad que precisa constantes cambios en su planeamiento en función de la riqueza de los yacimientos, los cambios en los mercados, la evolución normativa, el desarrollo tecnológico, la creciente generación de conocimiento y la capacitación del personal. Esta condición se ajusta a la definición de adaptación incremental a que hace referencia IPCC (2014, pág. 839).

Bajo esta perspectiva, los principales retos de la adaptación minera al cambio climático estarán referidos a la adecuada generación técnica y científica de información, al igual que al monitoreo y al seguimiento de indicadores pertinentes, sobre los riesgos y las vulnerabilidades como herramienta para la selección óptima de los requerimientos y las opciones.

2. LA ADAPTACIÓN EN LA INDUSTRIA MINERA INTERNACIONAL

Para las industrias extractivas, la probabilidad de reubicación o sustitución inmediata de procesos es muy baja por la ubicación de los yacimientos económicamente explotables, los costos incurridos, la disponibilidad de lugares adecuados y la falta de opciones de producción alternativa. A pesar de lo anterior, existe poca evidencia de consideraciones sectoriales estratégicas de adaptación al cambio climático, por el contrario suele planificarse con métodos tradicionales de gestión de riesgos.

2.1 Situación global

Algunas compañías han comenzado a tomar medidas de adaptación al cambio climático, en su mayoría dirigiendo sus esfuerzos a acciones reactivas basadas en eventos pasados y series climatológicas históricas dejando de lado los escenarios futuros (Lough & Hobday, 2011), (Frusher, y otros, 2013); (Easterling, Hurd, & Smith, 2004). De esta forma, la planificación se dirige a reducir el impacto de los eventos extremos ocurridos en los últimos 50 años más que a diseñar estrategias para enfrentar las nuevas condiciones. Esta tendencia de atención limitada a la adaptación en el sector minero es global (Hodgkinson et. al., 2014) y podría explicarse por la falta de comprensión actual de la naturaleza de los posibles cambios e impactos futuros (Ford et. al., 2010).

A manera de ejemplo, Sussman & Freed (2008) indica que algunas empresas han optado por desplazar sus operaciones hacia áreas con menor exposición al riesgo climático, mientras otras están modificando sus procesos para reducir el consumo hídrico y energético. Sin embargo, una adaptación exitosa en el largo plazo precisa reconocer y actuar sobre las amenazas identificadas sin esperar la inminencia del impacto (LCCP et. al., 2006). Adicionalmente, la lucha efectiva contra el cambio climático puede exigir de las empresas que desafíen las rutinas y los sistemas de análisis usados en el pasado para integrar nuevos procesos proactivos de adaptación.

Como se mencionó anteriormente, la respuesta reactiva ante eventos extremos, en ausencia de búsqueda de mecanismos de adaptación al cambio climático, es la tendencia típica en las industrias extractivas y es independiente de su tamaño, producto extraído o tipo de producción (Hodgkinson et. al., 2014). Los resultados exitosos del pasado han reforzado el convencimiento de que la resiliencia y la resistencia son las mayores fortalezas del sector minero y que, en consecuencia, es innecesario prepararse para condiciones climáticas más adversas.

Los miembros del Consejo internacional de minería y metales (ICMM por sus siglas en inglés), que agrupa 19 de las más grandes compañías extractivas y 30 agremiaciones mineras entre las que se incluye la Cámara Asomineros de la Andi, han reconocido en el cambio climático un

problema mundial que precisa respuestas globales y, en consecuencia, promueve el desarrollo y la diseminación de tecnologías para la construcción de capacidades de adaptación al cambio climático, particularmente en países en desarrollo (ICMM, 2009).

Algunas compañías extractivas de la provincia de Saskatchewan en Canadá han indicado la importancia de esta planificación proactiva para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y la variabilidad climática.

Por su parte, la Asociación canadiense de minería (MAC por sus siglas en inglés) ha indicado su compromiso firme con ser parte de la solución para afrontar el cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero, para lo cual promueve la eficiencia energética y la reducción de los mencionados gases (MAC, 2010).

Finalmente, y de acuerdo con estudios recientes, se desarrollan grandes dificultades cuando es el Estado quien toma la iniciativa sobre la adaptación mediante regulaciones que intervienen como impulsores externos a la autonomía empresarial (Hodgkinson et. al., 2014).

2.2 Situación en Latinoamérica

La situación en América Latina no es diferente, los investigadores de impactos del cambio climático en la industria pesquera han encontrado una incertidumbre creciente acerca de los resultados de la adaptación a largo plazo (Defeo et. al., 2013), al tiempo que resaltan que las investigaciones provienen del sector privado y los grupos científicos más que de entidades gubernamentales (Leith et. al, 2013). No hay razones para suponer que estas condiciones no sean compartidas por la industria minera.

Un estudio realizado en las regiones chilenas de Arica, Parinacota y O'Higgins sobre las condiciones climáticas imperantes en las cuencas con mayor producción de cobre, hierro y oro estimó que el 78% de las operaciones cupríferas están en cuencas con déficit hídrico, es decir, que se encuentran en riesgo muy alto frente al cambio climático (CEPAL, 2009).

El déficit hídrico actual y las proyecciones de su intensificación han llevado a la industria minera chilena a desalinizar agua marina y bombearla a través de acueductos hasta regiones apartadas: 1) Minera Candalaria (80% Freeport McMoran y 20% Sumimoto) que procesa 500 l/s y los transporta a lo largo de 80 km; 2) Minera Michilla (100 % Antofagasta Minerals) que procesa 75 l/s que se transportan 14 km; 3) Minera Las Cenizas TalTal (100 % Las Cenizas) con una capacidad de procesamiento de 9,3 l/s con una tubería de 44 km; 4) Minera Esperanza (100 Antofagasta Minerals) con capacidad de 50 l/s conducidos a lo largo de 200 km; 5) Minera Escondida (100 % BHP Billiton) que procesa 525 l/s y los conduce a lo largo de 170 km hasta

los 3.200 metros sobre el nivel del mar; y 6) Minera Mantoverde (100 % AngloAmerican) con capacidad de 120 l/s y 21 km de tubería (Montes, C., 2013).

2.3 Enfoques corporativos de la adaptación

Son pocas las compañías que han comenzado a elaborar planes proactivos de adaptación al cambio climático siendo mayor el número de aquellas que limitan esta actividad a los planes de gestión de riesgos a largo plazo (Pittman et. al., 2013).

La perseverancia en esquemas de adaptación reactivos producirá fuertes impactos financieros asociados con las nuevas condiciones pues no preparan para afrontar la intensificación futura de los eventos climáticos conocidos históricamente. Un ejemplo de la necesidad de adaptación proactiva fue lo ocurrido a la compañía minera Río Tinto en 2006 cuando un incremento en la temperatura provocó la descongelación de la autopista de hielo de 300 km que daba acceso a su mina diamantífera Diavik, ubicada cerca del Círculo Polar Ártico en Canadá, obligando a costosos abastecimientos aéreos de suministros por cerca de tres años (Carey, 2006).

A pesar de las obvias ventajas de la reducción del riesgo mediante la adaptación proactiva, los decisores internos de las compañías suelen exigir pruebas sobre tales beneficios. Es por esto que superar la resistencia a la adaptación exigirá el reconocimiento de la efectividad del proceso adaptativo incremental al enfrentar riesgos futuros (Stafford et. al., 2011).

Puesto que no todos los efectos climáticos evaluados y sus magnitudes se consideran igualmente probables, esta calificación dependerá de la aversión al riesgo o grado de cautela corporativos. Algunos fenómenos con baja probabilidad de ocurrencia podrían ser potencialmente perjudiciales para una operación específica.

La experiencia adquirida con Diavik y otras propiedades llevaron a Río Tinto a sintetizar las proyecciones de cambio climático (temperatura, precipitación, inundaciones y sequías, nivel del mar y viento) de las regiones donde tiene operaciones e identificar los impactos esperados en cada caso. El resultado final de este trabajo es un marco referencial de análisis de impactos alineado con su política corporativa donde reconoce que: "además de que el cambio climático es ahora inevitable, lo que requiere adaptación a sus efectos... tomaremos acciones para enfrentar el cambio climático, consistente con los objetivos de Río Tinto de crear valor a largo plazo para los accionistas" (Río-Tinto, 2012).

La adopción de este enfoque sólido y estructurado ha ofrecido a Río Tinto beneficios que incluyen adquirir propiedades a bajo costo para incrementar su resiliencia ante eventos climáticos extremos; reducir costosos tiempos de inactividad, reconstrucciones y modernizaciones; mejorar

los rendimientos financieros y generar reportes internos y externos con agilidad. Esto también ha aportado para alinearse con las regulaciones ambientales, los trámites de aprobación de proyectos y la capacidad de respuesta proactiva al creciente escrutinio de los actores externos, incluidos gobiernos, comunidades e instituciones financieras (AECOM, 2015).

El mismo calentamiento que afectó a Río Tinto en Diavik, en 2006, redujo los costos de transporte a Barrick Gold en su mina de oro de Donlin en Alaska occidental al incrementar el lapso de acceso fluvial de cinco a ocho meses al año (PWC & CDP, 2011).

2.4 Impulsores y barreras a la adaptación

La identificación de los factores desencadenantes en un estudio de adaptación al cambio climático permite determinar barreras como competencia, producción e ideología, e impulsores tales como seguridad, productividad, reducción en daños a la infraestructura y las lecciones aprendidas (Hodgkinson et. al., 2014).

El tamaño de la compañía, su método de producción y su ubicación no pueden considerarse en sí mismos barreras o impulsores en la adaptación proactiva (ver Tabla 2-1); sin embargo, el riesgo sí suele alentar la adaptación reactiva. Es así como las primeras empresas en adaptarse suelen estar motivadas por amenazas inminentes de interrupción productiva, es decir, por la pérdida económica o de reputación. Estos primeros adaptadores suelen identificar que un costo de no adaptación excederá uno de producción en condiciones de infraestructura deteriorada.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Tabla 2-1 Impulsores y barreras a la adaptación

CATEGORÍA DEL RIESGO	IMPULSOR	BARRERA
Competencia	La competitividad y la oportunidad (económica / social), incluidos la reducción de daños y costos	Temor a que las incertidumbres sobre efectos de cambio climático pueden no permitan compensar los costos de la evaluación o adaptación
	Las expectativas de la cadena de valor no permite renegociar si las operaciones son afectadas por eventos climáticos	
	Las inversiones basadas en rendimiento esperado (inversor / operador) serán impactadas por la pérdida de productividad debido al clima	
	La exposición reciente que impactó un competidor (lecciones 'laterales'), en particular en el sector	
Ideología	El deseo y la convicción sobre la necesidad de actuar para el cambio climático	La percepción de bajos o nulos impactos en el corto plazo (incluida la falta de evidencia de que el clima causará impactos negativos)
		La amenaza climática no es un tema inmediato
		La incertidumbre sobre la efectividad de los impactos y la eficacia de la adaptación (ausencia de información)
		Los cambios climáticos ocurrirán a largo plazo como para afectar la gestión actual
Regulación	La presión de las políticas públicas ofrece acceso a la investigación con inversiones del gobierno	La cláusula contractual de 'fuerza mayor' permite incumplir entregas en circunstancias imprevistas
	El requisito de indicar en los contratos legales si la 'fuerza mayor' invalida o no el contrato actual	Los cambios inciertos en las políticas públicas y la regulación
	Los estudios de debida diligencia	
	La amenaza de cierre si las medidas ambientales producen incumplimientos por paro en la producción	
Producción	Las ganancias en productividad por reducción del riesgo	El cambio climático es a largo plazo así que no afecta la producción del futuro cercano (la adaptación ad hoc será suficiente)
	Las interrupciones forzadas por el clima en otros eslabones de la cadena de valor	
	La amenaza de cierre si las medidas ambientales producen incumplimientos por paro en la producción	
	La desprotección reciente de un competidor	
Reputación	La debida diligencia: confianza de los accionistas / grupos de interés, la necesidad de proteger la reputación	No se conocen ejemplos
Seguridad	El aumento de la seguridad a través de reducciones de evaluación o de seguros	No se conocen ejemplos

Fuente: Hodgkinson et. al., 2014.

La ocurrencia de eventos extremos repetidos durante un corto período de tiempo puede ser el punto de inflexión que lleve de la inacción a la acción puesto que las soluciones se vuelven más importantes en circunstancias apremiantes.

2.5 Lecciones aprendidas sobre adaptación climática en la industria global

A partir de la revisión bibliográfica de las experiencias internacionales se extraen algunas lecciones importantes a considerar en la generación de las líneas de adaptación climática de la industria minera colombiana.

Las actividades de extracción, beneficio y transformación son altamente dependientes del recurso hídrico cuya accesibilidad, en los volúmenes requeridos, serán cada vez más difícil; de igual forma, son altamente dependientes de la energía.

Entre las sensibilidades mineras más prominentes ante el cambio y la variabilidad climáticas se destacan la precipitación, los períodos de sequía y el clima extremo que afectan tanto la infraestructura minera como las operaciones mismas. Adicionalmente, las operaciones extractivas deberán afrontar modificaciones en la infraestructura y las regulaciones relacionadas con gestión de riesgos (Pearce et. al., 2009).

El cambio y la variabilidad climáticos amenazan con modificar las condiciones previstas para las actividades de cierre y abandono.

La exigencia legal de elaborar evaluaciones de impacto ambiental ha motivado el estudio de los impactos asociados con el cambio y la variabilidad climática. Esto ha permitido la inclusión de parámetros de cambio climático en los planes (Pearce et. al., 2009).

Diferentes autores han considerado que el paso más importante que puede hacer el sector extractivo es reconocer en el cambio climático un problema que precisa la construcción de capacidades adaptativas (ICMM, 2009).

Previendo un riesgo climático incremental y de difícil gestión adaptativa algunas empresas mineras han comenzado la búsqueda de nuevos territorios con potencial minero que presenten condiciones climáticas más propicias para su desarrollo corporativo (Sussman & Freed, 2008). El caso más representativo es el de Riotinto que evaluó las condiciones relacionadas con el cambio y la variabilidad climática en todas sus propiedades estableciendo prioridades de intervención bajo procedimientos bien informados.

Aunque lentamente, existe una tendencia creciente de las regiones mineras a reconocer de forma anticipada las amenazas, las vulnerabilidades y los impactos a que se verían sometidas con el objeto de construir y fortalecer sus capacidades de adaptación (LCCP, SDRTEE, & SECCP, 2006)- Sin embargo, actualmente no se está desarrollando planificación adaptativa de largo plazo en el sector minero debido a una práctica gerencial más dirigida al día a día, a la percepción de altos costos requeridos para atender condiciones climáticas futuras proyectadas con niveles muy altos de incertidumbre (Pearce et. al., 2009).

La vulnerabilidad, además de representar el grado de exposición ante una amenaza, refleja las actitudes, las expectativas y el conocimiento de los profesionales mineros en lo referido al cambio climático.

Sin lugar a dudas, las medidas con mayor aceptación en la industria minera se enfocan en el desarrollo e implementación de alternativas tecnológicas que permitan reducir la dependencia hídrica y el consumo energético (Sussman & Freed, 2008; MAC, 2010).

El grueso de las acciones frente al cambio climático en la minería se dirige a la mitigación, en particular sobre la generación de gases de efecto invernadero, más que a la adaptación. Sin embargo, estas actividades de mitigación están más motivadas por la reducción de costos de energía, la regulación y la imagen corporativa que por las proyecciones climáticas (Pearce et. al. 2009).

Indiscutiblemente, los territorios con potencial minero suelen adoptar la decisión de elaborar sus planes de adaptación con posterioridad a la ocurrencia de eventos climáticos cuyos impactos mostraron las deficiencias de las acciones de gestión del riesgo diseñados bajo esquemas ortodoxos.

Adicionalmente, los eventos climáticos extremos registrados en zonas productivas como Queensland (Australia) o Saskatchewan (Canadá) han demostrado que el costo de evadir la adaptación climática excede aquel en que se incurrirá para reconstruir una infraestructura afectada por estos eventos.

Existe un distanciamiento entre los reportes ofrecidos por los científicos del cambio climático y las tendencias proyectadas por sus pares de la industria minera quienes reconocen cambios en el clima pero no comparten las predicciones de los primeros. Por esta razón se verifica una ausencia de consenso sobre los fundamentos y las necesidades de adaptación al cambio climático (Mason, L. & Giurco, D., 2013).

La consideración de que las minas que están en operación actualmente no lo estarán cuando se materialicen los impactos del cambio climático proyectado a 50 o 100 años ha contribuido a retardar la planificación de la adaptación; sin embargo, bajo esta perspectiva los territorios se verán afectados por los impactos futuros del clima sobre minas abandonadas en ausencia de planes de adaptación climática.

2.6 Consideraciones generales sobre adaptación de la industria minera internacional

Debido a los aspectos inherentes de la actividad, tales como ubicación de yacimientos económicamente explotables, reducidas opciones extractivas alternativas y costos operativos, la adaptación de la industria minera enfrenta mayores retos frente al cambio climático que la mayoría de industrias.

Adicionalmente, la falta de comprensión actual de la naturaleza cierta de los cambios climáticos esperados e impactos asociados ha exacerbado la tendencia a retrasar la acogida de los procesos adaptativos.

Ante la carencia de planes de adaptación al cambio climático dirigidos al incremento de la capacidad de resiliencia, han prevalecido las respuestas reactivas ante eventos extremos cuya intensidad supera aquellos ocurridos en el pasado utilizados en la planificación ortodoxa de la gestión del riesgo (Mason, L. & Giurco, D., 2013).

A pesar de que la industria minera ha debido afrontar las adversidades climáticas incurriendo en ingentes pérdidas económicas, el éxito relativo ha creado en esta una percepción equívoca, que incrementa la vulnerabilidad, según la cual la actividad minera es inherentemente resiliente ante el cambio climático.

La inacción del sector minero frente a la adaptación puede inducir a los organismos estatales a tomar la iniciativa mediante la emisión de regulaciones contraproducentes para las operaciones (Hodgkinson et. al., 2014).

3. LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS PRELIMINARES DE ADAPTACIÓN PARA LA ADAPTACIÓN DE LA MINERÍA COLOMBIANA AL CAMBIO Y LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICOS

Se propone en este capítulo un conjunto genérico de líneas gruesas de medidas preliminares de adaptación de la minería colombiana al cambio y la vulnerabilidad climáticos.

3.1 Introducción a las líneas gruesas de medidas de adaptación

Como es de esperarse, cada sistema minero tiene un nivel de vulnerabilidad climática único y específico fundamentado en diferentes factores como tipo de minería, vulnerabilidad ecosistémica y adaptabilidad, entre otros. Algunos de esos factores de vulnerabilidad identificados a nivel internacional son:

- Acceso a insumos críticos como energía y agua.
- Confiabilidad de la cadena de suministros esenciales y distribución de productos mineros.
- Resiliencia del territorio minero.
- Variaciones en los balances hídricos registrados en el distrito minero.
- Acumulación de impactos sobre los componentes ecosistémicos.
- Valoración de riesgos climáticos sobre las minas que han concluido su etapa productiva.

Existen, adicionalmente, riesgos sobre la licencia social de operación en cuanto a la actividad minera regional, la cual puede ser percibida como una competencia en el acceso a recursos locales impactados climáticamente. Esto como es de esperar, puede afectar la reputación de la industria, las relaciones con las comunidades e incentivar acciones anti mineras. La falta de atención a estos riesgos puede conllevar implicaciones que terminen afectando tanto al sistema minero como a la oferta laboral y los ingresos que por su operación reciben los territorios.

3.2 Enfoque para el diseño de grandes líneas de adaptación climática de la minería

Los planes estratégicos de adaptación se enfocan en generar esfuerzos dirigidos hacia el manejo de riesgos asociados al clima y la implementación de medidas para construir sistemas robustos que brinden solución a los problemas identificados. Algunos de estos pueden ser el desarrollo de proyectos de gestión integral de recursos hídricos, sistemas de monitoreo climático y manejo de cobertura vegetal (Doornbos, B., 2011).

De acuerdo con la revisión bibliográfica internacional y con el análisis realizado en campo durante esta investigación, los riesgos asociados a los cambios climáticos están relacionados

principalmente con la disponibilidad hídrica para atender procesos altamente dependientes de este recurso; con la demanda y la eficiencia energética durante los procesos extractivos y los de transformación; y con la afectación que podrían sufrir las actividades de cierre debido a las variaciones climáticas futuras.

Como se mencionó anteriormente, la evolución de los riesgos climáticos y sus impactos asociados deberán ser analizados a lo largo de toda la cadena operativa, incluyendo no solo la infraestructura con la que se cuenta actualmente, sino la que se requerirá a futuro para permitir la continuidad del negocio; adicionalmente, se deben considerar los riesgos sociales que puedan surgir como resultado de los cambios climáticos (ICMM, 2013).

En consecuencia, las grandes líneas de adaptación de la minería deberán estar enfocadas hacia la atención de la disponibilidad hídrica, el consumo energético y los planes de cierre. Como se indicó anteriormente, este enfoque debe atenderse preferiblemente con visión de construcción e incremento de la resiliencia del sistema como condición más deseada.

La experiencia internacional ha demostrado que los costos de anticipar el tratamiento de los riesgos climáticos, y de las regulaciones que podrían acompañarlos, es menor que aguardar por su ocurrencia (Vives, S., 2010). Dicha anticipación debe considerar en todo momento que el objetivo primordial de la adaptación es fortalecer la capacidad para integrar las respuestas al cambio climático en los procesos industriales (Spilsbury et. al., 2011, pág. 19).

En términos generales, las medidas de adaptación pueden dividirse en cuatro objetivos estratégicos: resiliencia, resistencia, respuesta o realineación (Millar et. al., 2007).

- **Objetivos de resiliencia:** incrementan la capacidad del sistema para ajustarse y retornar a la condición inicial o anterior a la perturbación climática. Las acciones que refuerzan la resiliencia son del tipo regenerativo y muestran excelentes resultados en la adaptación frente a grandes inundaciones o vendavales (Blate, G., y otros, 2009). Conservar o incrementar la resiliencia de un sistema puede hacerse más complejo y requerir mayores intervenciones a medida que los efectos del cambio climático se van acumulando en el tiempo.
- **Objetivos de resistencia:** permiten mantener las condiciones actuales a pesar del cambio climático mediante el fortalecimiento de las defensas contra los efectos directos o indirectos del cambio o la variabilidad climática. En general, están enfocados a limitar la exposición frente a los impactos de eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones y sus

efectos asociados. Suele tener mayor aplicación en áreas con alto índice de vulnerabilidad (Millar et al. 2007, pág. 2146).

La implementación de objetivos de resistencia requiere de grandes inversiones y fuertes intervenciones sobre el sistema que pueden, debido a las incertidumbres, arrojar resultados diferentes a los esperados, es por esto que Millar et. al. (2007, pág. 2147) recomienda su aplicación en el corto plazo y sólo en áreas con alta sensibilidad y gran valor.

- **Objetivos de respuesta:** asisten en la transición de las condiciones anteriores del sistema a unas futuras. Este grupo de opciones busca que el sistema se ajuste gradualmente a las condiciones futuras previniendo efectos instantáneos adversos (Millar et. al., 2007, pág. 2147).
- **Objetivos de realineación:** originan nuevas condiciones en sistemas que han sido o serán fuertemente afectados. Resultan esenciales cuando el umbral de la resiliencia ha sido excedido haciendo que el regreso a las condiciones anteriores a la perturbación resulten económica o jurídicamente impracticables y, por lo tanto, resulte más apropiado reajustar el sistema a las condiciones climáticas imperantes o pronosticadas (Blate, G., y otros, 2009).

Para Spilsbury et. al. (2011) los objetivos estratégicos deberán considerar, en primer lugar, los objetivos de resiliencia al cambio climático mediante el fortalecimiento de las capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad y, en segundo lugar, los objetivos de respuesta como la transición hacia procesos energéticos más eficientes y con menores emisiones de gases de efecto invernadero.

3.3 El punto de partida: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

De acuerdo con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático -PNACC, en el país se han fijado cinco líneas estratégicas como guía en la elaboración de los planes de adaptación sectorial indicando que cada industria podrá ajustar e incluir líneas adicionales según su naturaleza (DNP et. al., 2012, pág. 52):

- **Concientizar sobre el cambio climático.** Es necesario contar con una política de educación para el cambio climático que tenga por finalidad su inclusión cultural.
- **Generar información y conocimiento para medir el riesgo.** Para tomar decisiones de adaptación climática se precisan herramientas para identificar las amenazas climáticas y medir el riesgo mediante el análisis de la vulnerabilidad y la exposición.
- **Planificar el uso del territorio.** La planificación territorial debe incluir las consideraciones sobre

adaptación contenidas en la gestión del cambio climático.

- Implementar medidas de adaptación. Desarrollar una adaptación planificada que permita restaurar la capacidad de los ecosistemas, consolidar los sistemas de alerta temprana y reducir la vulnerabilidad de la población.
- Fortalecer la capacidad de reacción. Se requiere incluir planes de contingencia dentro de la planificación de la adaptación.

Ante las manifestaciones del cambio climático en los territorios mineros, representadas en épocas invernales más intensas y sequías más prolongadas, es necesario que el país cuente con estrategias de adaptación para el sector minero en consonancia con el PNACC.

A continuación se muestra el resultado de la conciliación entre las líneas del PNACC y el análisis de las lecciones aprendidas de la industria minera internacional, que contribuye en la elaboración de las líneas estratégicas para la adaptación climática del sector minero.

- Concientización sobre el cambio climático.
- La vulnerabilidad del sector minero se ve incrementada por la falsa percepción de que es inherentemente resiliente.
- El cambio y la variabilidad climáticos amenazan con modificar las condiciones previstas para las actividades de cierre y abandono.
- En lo referido al cambio climático, las actitudes, las expectativas y el conocimiento del personal directivo en las empresas mineras puede ser un factor de vulnerabilidad.
- La mitigación refleja beneficios económicos y sociales más visibles que la adaptación.
- La temporalidad de las proyecciones del cambio climático (30, 50 y 100 años) excede la vida útil de las operaciones mineras actuales (\pm 40 años), no así los planes de abandono.
- Generación de información y conocimiento para medir el riesgo.
- La incertidumbre sobre la naturaleza cierta del clima futuro y sus impactos en la industria retrasa la adopción de procesos adaptativos.
- Lentamente las regiones mineras están reconociendo la necesidad de anticipar las amenazas, las vulnerabilidades y los impactos del cambio climático.
- Las pocas medidas de adaptación adoptadas hasta el momento se dirigen a reducir la dependencia hídrica y el consumo energético.
- La modelación de los escenarios climáticos muestra tendencias que contradicen lo que los habitantes de las áreas mineras han estado observando en los últimos años.
- Planificación del uso del territorio.
- Los planificadores territoriales aún no están bien informados sobre los impactos esperados con el cambio climático.
- Las regiones mineras se verán obligadas a evaluar la infraestructura actual y las regulaciones

sobre gestión del riesgo.

- La elaboración de estudios de impacto ambiental ha sido una herramienta útil en la inclusión de las amenazas y los impactos climáticos en los planes mineros.
- La planificación territorial evalúa los eventos climáticos ocurridos en el pasado sin considerar aquellos futuros que excederán los registrados hasta el momento.
- Es necesario considerar, a partir de las proyecciones de cambio climático, las amenazas y los impactos que afectarán las regiones después del cierre de las operaciones extractivas.
- Implementación de medidas de adaptación.
- El peso de las actividades operativas requeridas constantemente en las operaciones mineras relega la planificación de la adaptación.
- Las regiones mineras deberán afrontar cambios en la infraestructura existente y la normativa de gestión del riesgo vigente.
- El paso más importante para el sector extractivo es reconocer la importancia de construir capacidades adaptativas frente al cambio climático.
- Los costos de evadir la adaptación son superados por mucho por aquellos de la rehabilitación de las áreas mineras afectadas por amenazas climáticas.
- Es necesario conciliar los reportes científicos sobre los fundamentos y los requerimientos con las observaciones de la industria minera sobre el cambio climático.
- Fortalecimiento de la capacidad de reacción.
- Los planes de adaptación se elaboran después de ocurrido un evento extremo que superó los planes ortodoxos de gestión del riesgo.
- Se reconoce una alta sensibilidad en la infraestructura y las operaciones mismas de los sistemas mineros.
- Exploración de la disponibilidad hídrica y energética en las regiones mineras bajo condiciones de estrés climático.

Lo anterior pone de manifiesto la coherencia de las líneas estratégicas del PNACC con las experiencias internacionales y, de manera emergente, las de estas con la realidad de las áreas mineras del país.

A continuación se presentan las líneas estratégicas, las estrategias y los objetivos de éstas bajo el objetivo general de generar continuidad administrativa, operativa y logística de los sistemas mineros bajo condiciones climáticas adversas. Este objetivo se sustenta en que los sistemas mineros deberán estar debidamente adaptados durante la ocurrencia de eventos climáticos extremos que excedan aquellos registrados hasta el momento de elaboración del plan de adaptación.

3.4 Líneas estratégicas para la adaptación de la minería al CC

Anteriormente se argumentó sobre la importancia de que las grandes líneas de adaptación de la minería se canalicen hacia la atención de la disponibilidad hídrica, el consumo energético y los planes de cierre. Como se indicó en el mismo capítulo, este enfoque debe atenderse preferiblemente con visión de construcción e incremento de la resiliencia del sistema como condición más deseada.

Según los planteamientos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA o UNEP por sus siglas en inglés) las grandes líneas estratégicas para la adaptación deben (Spilsbury, et. al., 2011, pág. 56):

Considerar todos los aspectos financieros y los análisis de costo – efectividad de las medidas preventivas propuestas.

- Enfatizar sobre el uso de fuentes alternativas de energía limpia y renovable, la eficiencia energética de los procesos y el ahorro de energía.
- Erradicar las tecnologías y los procesos obsoletos para avanzar en mecanismos de producción limpia.
- Promover la captura de carbono a través del mejoramiento de suelos, la reducción de la deforestación y la reducción de la degradación de los terrenos.
- Incentivar la producción de conocimiento científico y técnico en torno al cambio climático que contribuya en los procesos de toma de decisiones.

De acuerdo con lo anterior y acogiendo las indicaciones presentadas en el PNACC, se han fijado cinco líneas estratégicas que guíen la construcción de capacidades de resiliencia, resistencia, respuesta y realineación de los sistemas mineros presentes en cada uno de los distritos mineros del país, así:

3.4.1 Línea estratégica 1. Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación al cambio climático

En la adaptación, más que en la mitigación, es donde se encuentran las verdaderas alternativas para la protección de las operaciones, los activos y la logística de los sistemas mineros. La reducción de la vulnerabilidad comienza con el cambio de paradigmas que han liderado hasta ahora la posición sectorial frente al cambio climático, en particular, en lo referido a la planificación del territorio posminero.

Si bien es cierto que la adopción de las medidas de adaptación puede representar altos costos, también lo es que los efectos de no implementarlas pueden resultar más gravosos en el futuro. Por esta razón, la clasificación del tipo de riesgos debe incluir valoraciones técnico económicas.

3.4.2 Línea estratégica 2. Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros

Los efectos del cambio climático aún son inciertos, en particular a escala local donde muchos procesos influyen sobre la vulnerabilidad y la sensibilidad. Es por esto que se requieren nuevos conocimientos sobre los impactos climáticos futuros.

Es necesario elaborar sistemas de modelación de escenarios climáticos futuros más detallados e informados para, a partir de estos, determinar con mayor nivel de certeza los riesgos, las amenazas y los impactos reales del cambio climático sobre los sistemas mineros.

La vulnerabilidad de los sistemas mineros excede la dependencia hídrica y energética exigiendo de la industria mayores investigaciones sobre sus verdaderas alternativas adaptativas integrales.

3.4.3 Línea estratégica 3. Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática

La participación de los actores mineros debe ser incluida en los planes de ordenamiento según lo establecido por la Ley 388 de 1997, el Decreto 150 de 1995 y las guías de planificación territorial (Minambiente, 2004, pág. 7), de cuencas (Minambiente, 2014 b, pág. 32) y del recurso hídrico (Minambiente, 2014 c, pág. 29).

La planificación de los territorios y los recursos no renovables debe considerar los eventos climáticos extremos esperados en el futuro junto con aquellos ocurridos en el pasado. En este aspecto la información obtenida por la industria minera durante la elaboración de sus estudios de impacto ambiental será de gran importancia.

3.4.4 Línea estratégica 4. Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero

Aun bajo la fuerte carga operativa propia de las actividades extractivas, se requiere integrar la planificación de la adaptación puesto que evadir esta labor incrementa la vulnerabilidad económica, operativa y logística del sistema minero.

Esta planificación precisa llevar los fundamentos y los requerimientos de los reportes científicos hasta los niveles operativos, administrativos, logísticos y normativos propios de la industria minera.

3.4.5 Línea estratégica 5. Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros

Es necesario promover la exploración de tecnologías alternativas para los diferentes procesos administrativos, operativos y logísticos que componen el ciclo minero. Esto implica incrementar el conocimiento regional para evaluar e integrar al análisis las nuevas oportunidades, las tecnologías más limpias, las interrelaciones de la minería con el territorio y la información climática local, entre otros.

Con base en estas cinco líneas estratégicas se proponen las siguientes estrategias de adaptación al cambio climático para la industria minera.

3.5 Estrategias de adaptación para el sistema minero

Como se indicó en el la Sección 1.1, una correcta formulación debe establecer el orden de prioridad de las acciones a partir de la valoración y categorización (aceptable, mitigable, evitable o transferible a un actor más idóneo) del riesgo climático de los componentes del sistema minero. De esta manera, se pueden conocer los tipos de objetivos de adaptación requeridos (resistencia, resiliencia, respuesta y realineación) (Ver sección 3.2). Se proponen nueve estrategias distribuidas en las cinco grandes líneas expuestas anteriormente:

Con base en la línea estratégica 1-Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación climática, se expone una estrategia de adaptación, así:

3.5.1 Promover el liderazgo corporativo en temas de adaptación climática

Para avanzar hacia una industria minera adaptada al cambio climático se requiere el compromiso de los tomadores de decisiones de cada empresa, independientemente de la capacidad organizacional o financiera de la unidad productiva.

Objetivos:

- Integrar al sector productivo en la construcción de los planes de adaptación. Los directivos de las unidades mineras productivas deben comprender y comprometerse con la importancia de implementar medidas de adaptación climática.

3.5.2 Garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura y la logística utilizada por el sistema minero

El cambio climático producirá cambios en la infraestructura de transporte (acceso de suministros y distribución de la producción) al igual que en la de suministros hídricos y energéticos, entre otros. Por esta razón, los sistemas mineros deberán prever tales cambios con el objeto de garantizar el desempeño óptimo de su actividad futura.

Objetivos:

- Evaluar las condiciones de la infraestructura y la logística mineras a la luz del cambio climático. La vulnerabilidad de estos aspectos se ha reconocido como una de las principales causas del colapso de los sistemas mineros al enfrentar eventos climáticos extremos.

De la Línea estratégica 2-Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros, se desprenden dos estratégicas:

3.5.3 Generar iniciativas público privadas para que las empresas inicien sus estudios y mejoramiento de los componentes según los tipos de sistema minero

La deficiencia en el conocimiento de los impactos del cambio climático sobre la minería es una brecha que debe solucionarse para contar con sistemas productivos más limpios y adaptativos, al igual que con relaciones más constructivas y eficientes entre la minería, las comunidades y los entes gubernamentales en sus diferentes niveles.

Objetivos:

- Identificar, analizar y evaluar los riesgos del cambio climático. La correcta adaptación dependerá del grado de conocimiento que se tenga de las amenazas, las vulnerabilidades, los impactos y, consecuentemente, de las medidas a adoptar.
- Identificar medidas y tecnologías más rentables que faciliten la adaptación climática en la minería.
- Incluir en la planificación adaptativa a las empresas mineras, asociaciones mineras, instituciones (universidades, entidades públicas y centros de investigación).

3.5.4 Desarrollar el conocimiento y la experiencia

En el conocimiento del cambio climático y la experiencia en la gestión de sus efectos persisten vacíos. Salvar estas dificultades precisa soportar las decisiones adaptativas en los desarrollos científicos y técnicos más recientes en torno a los impactos y la vulnerabilidad del sistema minero.

Objetivos:

- Mejorar la modelación climática y direccionar la comunicación de sus resultados hacia una mayor comprensión de los riesgos regionales.
- Mejorar los sistemas de recolección de agua y tratamiento de vertimientos.
- Valorar los impactos del cambio climático a que se verán expuestos los territorios mineros después del cierre y abandono de las actividades extractivas.
- Fomentar la transferencia de conocimiento y experiencia hacia el público en general y al sector minero en particular. El uso de herramientas como el Sistema de Información Minero Nacional y talleres regionales permitirá divulgar la información más actualizada referente al cambio climático y la minería.

Para la Línea estratégica 3-Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática se presentan dos estrategias:

3.5.5 Integrar la adaptación al cambio climático de la industria minera en la administración pública (planificación territorial)

Una visión coherente del desarrollo sostenible exige una integración profunda de los riesgos del cambio climático en la administración pública. Por lo tanto, es necesaria la cooperación de todos los actores gubernamentales para garantizar la articulación eficiente de las acciones tendientes a la adaptación climática.

Objetivos:

- Reglamentar la reducción de la producción de gases de efecto invernadero en los procesos mineros.
- Fortalecer la coherencia y la cooperación interinstitucional. El éxito de las acciones a desarrollar requiere la integración de un gran número de actores locales, regionales y nacionales con injerencia territorial.

3.5.6 Incluir los actores mineros dentro de la planificación del territorio, las cuencas y el recurso hídrico

La industria minera, como miembro activo de las economías y las comunidades regionales, es un actor esencial en la planificación territorial y sus aportes, basados en observaciones directas, estudios y experiencia, representan herramientas de la mayor importancia en la construcción de adaptación regional en condiciones de información escasa ante el cambio climático.

Objetivos:

- Promover la participación de la industria minera en los diferentes escenarios de planificación territorial. La exclusión de los actores mineros de estos procesos incrementa la vulnerabilidad del sistema mismo y del territorio bajo ordenamiento pues supone decisiones tomadas bajo condiciones de información asimétrica.
- Incluir la información colectada y la experiencia adquirida por el sector minero durante la fase de diagnóstico territorial. Los términos de referencia de los estudios de impacto ambiental exigen el desarrollo de algunos estudios que son de gran utilidad durante el diagnóstico y la formulación de los planes de ordenamiento territorial.

En la Línea estratégica 4-Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero, se exponen dos estrategias:

3.5.7 Gestionar los riesgos del cambio climático para reducir las vulnerabilidades

La integración del conocimiento de la fuente de la amenaza, los impactos generados y la vulnerabilidad del sistema minero permitirá construir planes de adaptación bien informados y proyectar las inversiones requeridas en cada caso para enfrentar eventos extremos superiores a los registrados en el pasado.

Objetivos:

- Implementar sistemas de comunicación eficaces sobre los riesgos potenciales que plantea el cambio climático para la industria minera.
- Examinar esquemas que ayuden en el reforzamiento mutuo entre las actividades de mitigación y las de adaptación en las regiones mineras.
- Establecer los actores más idóneos en la gestión de cada riesgo y fortalecer mecanismos de coordinación eficientes.

3.5.8 Explorar medidas de adaptación eficientes y bajo esquemas de análisis de costo efectividad

La selección de las opciones de medidas de adaptación debe realizarse bajo criterios de viabilidad ambiental, social y económica para diferentes escenarios de tiempo. Algunas de estas medidas podrán representar incluso efectos económicos positivos a lo largo de la vida útil del sistema minero (reducción en consumo energético y emisiones atmosféricas).

Objetivos:

- Explorar sistemas alternativos que ofrezcan adaptabilidad para cada uno de los riesgos identificados.
- Incluir estudios de factibilidad económica en los procesos de planificación de la adaptación.

De la Línea estratégica 5-Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros, se derivan las siguientes estrategias:

3.5.9 Mantener los servicios ecológicos esenciales que contribuyen al desempeño industrial minero, el bienestar humano y la prosperidad de las comunidades presentes en el distrito minero

La industria minera debe hallar las mejores maneras de realizar su actividad garantizando que su interrelación con el territorio, y las respuestas de éste al cambio climático resultarán benéficas para sí misma y para el bienestar de las comunidades.

Objetivos:

- Dar prioridad a la conservación y la protección de las fuentes hídricas. Antes que un elemento de conflicto entre comunidades e industria minera, la conservación y la protección del agua

debe ser un tema de integración dado que indiscutiblemente es del mayor interés para ambos.

- Preservar la resiliencia de los ecosistemas. Los ecosistemas proveen una amplia gama de bienes y servicios y, en consecuencia, garantizar su resiliencia es de gran importancia para la industria minera.

3.5.10 Ofrecer capacitación especializada en adaptación al cambio climático

El conocimiento sobre los orígenes y las afectaciones del cambio climático deben estar al alcance de todos los empleados de los sistemas mineros para garantizar una adecuada planificación y adopción de los planes de adaptación.

Objetivos:

- Evaluar los niveles de preparación para los riesgos de adaptación al cambio climático en la industria de los minerales. Esta evaluación permitirá enfocar la capacitación requerida según los rangos de riesgo climático de cada sistema.
- Incorporar el cambio climático en los planes de estudio. Los conceptos y los aspectos del cambio climático deben incluirse en todos los grados de educación formal desde básica primaria hasta cursos de posgrado.

Implementación de Mapas de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Tabla 3-1 Líneas estratégicas, estrategias y objetivos para la adaptación de los sistemas mineros colombianos

LÍNEAS ESTRATÉGICAS	ESTRATEGIAS	OBJETIVOS
Línea estratégica 1. Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación climática	Promover el liderazgo corporativo en temas de adaptación climática	Integrar al sector productivo en la construcción de los planes de adaptación
	Seguridad y durabilidad de la infraestructura y la logística utilizada por el sistema minero	Evaluar las condiciones de la infraestructura y la logística mineras a la luz del cambio climático
Línea estratégica 2. Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros	Iniciativas público privadas para que las empresas inicien sus estudios y mejoramiento de los componentes según los tipos de sistema minero	Identificar, analizar y evaluar los riesgos del cambio climático.
		Identificar medidas y tecnologías más rentables que faciliten la adaptación climática en la minería
	Desarrollar el conocimiento y la experiencia	Incluir en la planificación adaptativa a las empresas mineras, asociaciones mineras, instituciones (universidades, entidades públicas y centros de investigación).
		Mejorar la modelación climática y direccionar la comunicación de sus resultados hacia una mayor comprensión de los riesgos regionales
		Mejorar los sistemas de recolección de agua y tratamiento de vertimientos
		Valorar los impactos del cambio climático a que se verán expuestos los territorios mineros posteriormente al cierre y al abandono de las actividades extractivas
Fomentar la transferencia de conocimiento y experiencia hacia el público en general y al sector minero en particular		
Línea estratégica 3. Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática	Integrar la adaptación al cambio climático de la industria minera en la administración pública (planificación territorial)	Reglamentar la reducción en la producción de gases de efecto invernadero en los procesos mineros
	Incluir los actores mineros dentro de la planificación del territorio, las cuencas y el recurso hídrico	Fortalecer la coherencia y la cooperación interinstitucional
		Promover la participación de la industria minera en los diferentes escenarios de planificación territorial
Línea estratégica 4. Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero	Gestionar los riesgos del cambio climático para reducir las vulnerabilidades	Incluir la información colectada y la experiencia adquirida por el sector minero durante la fase de diagnóstico territorial
		Implementar sistemas de comunicación eficaces sobre los riesgos potenciales que plantea el cambio climático para la industria minera
	Explorar medidas de adaptación eficientes y bajo esquemas de análisis de costo efectividad	Examinar esquemas que ayuden en el reforzamiento mutuo entre las actividades de mitigación y las de adaptación en las regiones mineras
		Establecer los actores más idóneos en la gestión de cada riesgo y fortalecer mecanismos de coordinación eficientes.
		Explorar sistemas alternativos que ofrezcan adaptabilidad en cada uno de los riesgos identificados
Incluir estudios de factibilidad económica en los procesos de planificación de la adaptación		
Línea estratégica 5. Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros	Mantenimiento de los servicios ecológicos esenciales que contribuyen al desempeño industrial minero, el bienestar humano y la prosperidad	Dar prioridad a la conservación y la protección de las fuentes hídricas
	Ofrecer capacitación especializada en adaptación al cambio climático	Preservar la resiliencia de los ecosistemas
		Evaluar los niveles de preparación para los riesgos de adaptación al cambio climático en la industria de los minerales
Incorporar el cambio climático en los planes de estudio		

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

4. MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN DE LA MINERÍA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Como ya se ha mencionado, mediante la adquisición de conciencia sobre el cambio climático, la fijación de objetivos y el compromiso ante las acciones propuestas de gestión del riesgo climático se incrementa la capacidad adaptativa (ICMM, 2013). De igual manera, la preparación del personal y la difusión de información relacionada con los impactos que tendrán los escenarios del cambio climático sobre la actividad extractiva contribuirán en la preparación de la adaptación climática.

4.1 Aspectos generales

Las medidas seleccionadas pueden integrarse en documentos de apoyo como planes de monitoreo, exámenes quinquenales y documentos de planificación de cierre. Otras medidas que exijan cambios importantes o fundamentales pueden requerir formalización a través de documentos de decisión o permisos legales. En general, la implementación de medidas de adaptación durante las etapas tempranas puede ofrecer un abanico más amplio de opciones, maximizar la integridad de otras medidas y, en algunos casos, reducir los costos de implementación (EPA, 2014).

Algunas medidas genéricas relacionadas con la adaptación son (ICMM, 2013, pág. 41):

- Evaluar la incorporación de los objetivos de adaptabilidad al cambio climático en los propósitos de sostenibilidad corporativa.
- Involucrar a la alta gerencia en los objetivos de la adaptación e identificar las unidades de negocio claves para apoyar estas actividades que responderán a las consecuencias del cambio climático.
- Proporcionar capacitación y oportunidades de educación en temas relacionados con los impactos climáticos, los enfoques de la adaptabilidad y la relación de estos con las operaciones del negocio.
- Identificar y compartir herramientas internas, modelos operacionales, mejores prácticas y lecciones aprendidas en la industria minera y el área geográfica.
- Concientizar a las comunidades circundantes sobre los impactos que el cambio climático generará en ellas (disponibilidad hídrica, salud, energía, transporte, etc.). Promover el enlace de estas comunidades con programas existentes.
- Comunicar externamente las actividades pertinentes y sus motivaciones (riesgos, amenazas, vulnerabilidad y sensibilidad) para atender los impactos climáticos futuros.

- Participar en talleres y conferencias para entender mejor los impactos del cambio climático, las opciones de adaptación, las herramientas actualizadas y los recursos existentes.
- Compartir conocimientos técnicos y prácticos con otros actores.
- Valorar la complejidad y la duración prevista en las actividades consideradas
- Evaluar la infraestructura existente como carreteras, energía y abastecimiento hídrico.
- Considerar la afectación sobre el uso y el desarrollo futuro del territorio con las acciones propuestas.
- Prever la eficacia y la durabilidad de las medidas sugeridas.
- Las medidas sugeridas deberán contar con la valoración de expertos en minería y en hidrología para garantizar su correcta aplicación y efecto.
- Incluir el costo de capital, operación y mantenimiento de las medidas.

El enfoque general de los planes de adaptación climática del sector minero:

- Las medidas adoptadas deben orientarse a reducir la vulnerabilidad, fortalecer la adaptabilidad del sistema e incrementar la resiliencia.
- La gestión de la amenaza no puede ser rígida, debe permitir una gestión evolutiva ante condiciones climáticas cambiantes en condiciones de incertidumbre.
- El análisis de riesgo es fundamental para discriminar el estado general de amenaza y las prioridades según el tipo de gestión requerido.
- La adaptación climática del sector minero sólo debe contemplar medidas que sean de su competencia directa, es decir, que la responsabilidad de su ejecución dependa directamente de la gestión del sector extractivo sin que quede supeditada a los oficios de entidades ajenas.
- La adaptación es estatal, en consecuencia, es una labor sectorial y no empresarial. De esta forma, abordará riesgos estructurales más que aquellos propios de las operaciones mineras.
- Ante la diferencia en los tipos y las características de las compañías mineras y sus operaciones, las medidas de adaptación identificadas serán diferentes para cada proyecto.
- Aunque es bien sabido que la responsabilidad de una debida gestión del riesgo recae sobre el titular de la concesión minera, debe explicarse en detalle las consecuencias por negligencia en la gestión.

4.2 Medidas de adaptación por tipo de componente*

A partir del concepto de integralidad, según el cual algunos impactos climáticos sobre el sistema minero no son de fácil identificación y pueden causar efectos de segundo orden más complejos de reconocer y gestionar (Sharma, et. al., 2013b, pág. 55), es necesario hacer una revisión general por componentes para la planificación de la adaptación.

A continuación se presentan algunas medidas de adaptación al cambio climático que ya están siendo implementadas en algunas regiones mineras como Queensland (Australia), Saskatchewan y Ontario (Canadá) y Odisha (India). Este compendio de medidas de adaptación puede usarse como una lista de control para garantizar que las empresas han considerado todos los elementos que deben ser analizados como parte de la adaptación al cambio climático para este sector.

4.2.1 Componente administrativo y financiero

Las siguientes son las principales medidas de adaptación relacionadas con el componente administrativo y financiero del sistema minero.

- Apoyar con información y conocimiento los procesos de gestión legislativa y normativa de la adaptación climática.
- Efectuar una permanente identificación y evaluación de los riesgos climáticos.
- Implementar procesos eficientes y tecnologías más limpias en la generación de emisiones y el consumo energético e hídrico.
- Llevar al nivel local las proyecciones de los escenarios climáticos nacionales.
- Desarrollar planes de contingencia climática robustos.
- Implementar mecanismos de aseguramiento contra riesgos o evaluar el alcance de las pólizas que cubren los fenómenos meteorológicos extremos, la continuidad del negocio y la interrupción de las operaciones.
- Trabajar con las autoridades locales y regionales para fomentar la gestión de inundaciones y los planes de mitigación.
- Fomentar la inversión regional en la identificación de las zonas de recarga de acuíferos y las alternativas de recuperación hídrica de estos.
- Elaborar el plan de manejo de incendios forestales bajo la expectativa de incendios forestales más intensos y frecuentes que los registrados hasta el momento.

* La metodología de análisis de vulnerabilidad y riesgo incluye el concepto de sistema minero compuesto de varios componentes específicos, para mayor detalle ver ("Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados").

4.2.2 Componente de recursos humanos

A continuación se presentan algunas medidas de adaptación para este componente:

- Crear programas específicos de formación que contribuyan a adquirir capacidades y herramientas.
- Garantizar la disponibilidad de servicios de atención en salud básicos y medios de transporte para el personal afectado durante el evento extremo.
- Considerar el sistema de tratamiento de aguas residuales en condiciones de emergencia climática.
- Evaluar los riesgos de salud y seguridad surgidos de los cambios climáticos.
- Elaborar protocolos para la atención de enfermedades transmitidas por vectores ante el aumento de la exposición asociado a los aumentos de temperatura.
- Construir procedimientos de emergencia y planes de contingencia para afrontar los riesgos asociados con los eventos naturales extremos y pandemias.

4.2.3 Componente de la cadena de suministros

Estas son algunas opciones de adaptación para el componente de la cadena de suministros:

- Considerar los suministros energéticos e hídricos en condiciones de emergencia climática.
- Diversificar la base de proveedores.
- Evaluar los riesgos por difícil acceso o mayor competencia por el recurso hídrico.
- Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.
- Desarrollar sistemas de reciclaje y reutilización de productos.
- Considerar rutas alternativas para el acceso de suministros durante períodos de emergencia climática.
- Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.

4.2.4 Componente extractivo

Se exponen las siguientes medidas de adaptación:

- Diseñar la infraestructura y las estructuras físicas mineras con mayor grado de robustez.

- Considerar la diversificación geográfica como una estrategia para gestionar los impactos climáticos regionales potencialmente graves.
- Considerar el funcionamiento de los sistemas de bombeo y tratamiento de aguas residuales en condiciones de emergencia climática.
- Contar con plantas de generación de energía para operar durante la emergencia.
- Diseñar medidas de defensa contra inundaciones.
- Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.
- Humectar el suelo para facilitar la infiltración y reducir así la escorrentía superficial rápida.
- Revisar la proximidad de la infraestructura minera con respecto a vegetación susceptible de incendiarse.
- Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.
- Asegurar la disponibilidad de personal entrenado en atención de incendios, cercanía de fuentes hídricas y existencia de equipos de extinción de incendios.
- Poner a disponibilidad del cuerpo de bomberos local y los servicios de emergencia las herramientas y la logística que se requiera en caso de incendios en la zona.

4.2.5 Componente de almacenamiento temporal

Para el componente de almacenamiento temporal se presentan las siguientes opciones:

- Diseñar la infraestructura y las edificaciones mineras con mayor grado de robustez.
- Aumentar la capacidad de almacenamiento de materiales esenciales, combustible y productos utilizados.
- Humectar el suelo para facilitar la infiltración y reducir así la escorrentía superficial rápida.
- Revisar la proximidad de la infraestructura minera con respecto a vegetación susceptible de incendiarse.
- Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.
- Asegurar la disponibilidad de personal entrenado en atención de incendios, cercanía de fuentes hídricas y existencia de equipos de extinción de incendios.
- Poner a disponibilidad del cuerpo de bomberos local y los servicios de emergencia las herramientas y la logística que se requiera en caso de incendios en la zona.

4.2.6 Componente de transporte y comercialización

Estas son algunas opciones de adaptación para el componente de la cadena de suministros:

- Diseñar la infraestructura y las edificaciones mineras con mayor grado de robustez.

Implementación de Mapas de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

- Asegurar rutas u opciones alternativas de transporte para trasladar la producción a sitios de consumo o puertos minimizando el riesgo de retrasos.
- Explorar nuevas opciones para la exportación de productos mineros ante daños portuarios debidos a incrementos del nivel del mar.

4.2.7 Componente de beneficio y transformación

Se presentan las siguientes opciones de adaptación:

- Evaluar alternativas en los procesos de conminución (trituration y molienda) que requieran menores volúmenes de agua.
- Diseñar la infraestructura y las estructuras físicas mineras con mayor grado de robustez.
- Diseñar medidas de defensa contra inundaciones.
- Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.

4.2.8 Entorno de las unidades productivas

- Trabajar con las comunidades circundantes para evitar la competencia o las discordias por el acceso al recurso hídrico.
- Compartir información científica sobre cambio climático, impactos y gestión de riesgos con los gobernantes locales y los líderes comunitarios.
- Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales.

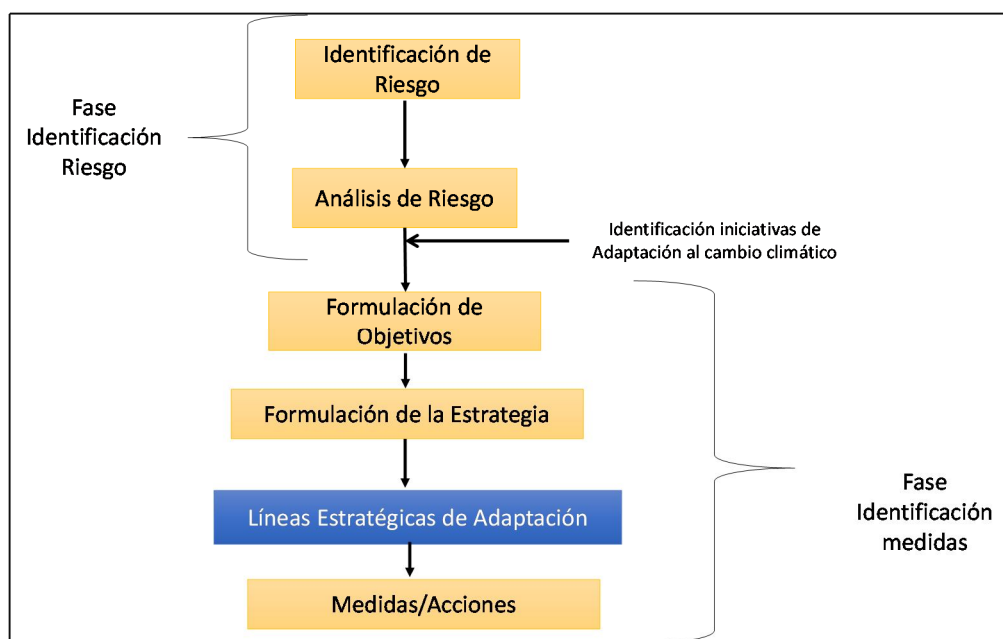
5. ESQUEMA PARA EL DISEÑO DE GRANDES LÍNEAS Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA MINERÍA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MARCO DE UN PLAN SECTORIAL DE ADAPTACIÓN

El propósito de este capítulo es enfatizar que las medidas preliminares de adaptación al cambio y la variabilidad climática expuestas anteriormente no están concebidas para ser aplicadas indistintamente en cualquier contexto, sino que se entienden como un marco genérico que debe detallarse en un doble sentido. Por un lado, en el sentido de que deben estar referidas a un sistema minero específico, pues parece inviable diseñar medidas genéricas de adaptación para la minería. Por el otro lado, deben ser entendidas como parte de una intervención pública estratégica como es un plan de adaptación. Entonces, se trata de enfatizar que lo que se pretende es definir una intervención estratégicamente orientada para lograr que un sistema minero incremente su resiliencia respecto de los posibles efectos del cambio y la variabilidad climática.

En este sentido se propone una metodología simple de diseño del plan de adaptación, que permita identificar esas medidas de una forma estratégica.

Se propone el siguiente esquema:

Figura 5-1 Modelo de definición Sistema Minero de Plan de Adaptación al Cambio y la Variabilidad Climática



Fuente ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Como se verifica en la Figura 5-1 implícitamente se entiende que antes de identificar medidas hay una fase previa de identificación y análisis de vulnerabilidad y riesgo derivados del cambio y la variabilidad climática para el sistema minero en cuestión[†].

Luego se entiende que la identificación de medidas requiere varios pasos, uno verificar qué se está haciendo en materia de política de cambio climático en el área de referencia del sistema minero. Luego, es imprescindible que del análisis de los riesgos se derive un objeto para el plan de adaptación. Es decir, una mirada estratégica lo primero que requiere es priorizar la gestión del conjunto de riesgos identificados, eso supone definir objetivos, en función del análisis de riesgo realizados. No se trata de identificar uno a uno medidas para cada riesgo, sino establecer un objetivo estratégicamente orientado para un sistema minero que en general suele ser complejo.

A continuación, se requiere definir una estrategia. En un plan de adaptación de una operación puede que una estrategia tenga menos sentido; sin embargo, para lograr que en un sistema minero compuesto de un conjunto disímil de operaciones, las medidas específicas de adaptación necesarias se implementen y, además se lleven a cabo otras medidas que no competen a esas unidades mineras, se requiere de una estrategia, es decir, de la definición de una vía para el logro de los objetivos.

Posteriormente, se deben identificar las líneas estratégicas del plan y las medidas específicas que son necesarias para alcanzar los objetivos planteados que se haya identificado.

De acuerdo con IPCC (2007), la adaptación al cambio climático contempla intervenciones que modifican o moderan las respuestas de los sistemas naturales o humanos ante los estímulos climáticos. Con base en esta definición se ha enfatizado a lo largo del documento que el cambio climático representa riesgos físicos para el sector minero, en particular por posibles reducciones al acceso hídrico y por los daños sobre los equipos y la infraestructura.

[†] Para un detalle metodológico completo de esta fase véase: Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para los tipos de minería analizados.
ACON-Miembro Grupo INERCO

6. CASO PILOTO: ADAPTACIÓN CLIMÁTICA DE LA MINERÍA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL DISTRITO MINERO DE VILLAVICENCIO – CASTILLA LA NUEVA

En este capítulo se presenta de forma ilustrativa los objetivos, la estrategia y las líneas estratégicas para un plan de adaptación, en un caso hipotético, para un sistema minero como es el de la minería de materiales de construcción en el distrito minero de Villavicencio – Castilla la Nueva, que fue sujeto de un piloto de identificación de vulnerabilidad y riesgos frente al cambio y la variabilidad climática.

En el marco del caso piloto se identificaron para este sistema los eventos naturales que pudieran desatar las modificaciones y la variabilidad climática en el área de estudio, y las amenazas para los diversos componentes del sistema minero que esos sucesos podrían suponer. Luego, de acuerdo con una estimación del grado de vulnerabilidad del sistema, se pudo estimar el riesgo estructural que se puede esperar a largo plazo. Tales riesgos fueron sometidos a una evaluación que permitió identificar prioridades y modalidades de gestión entre ellos.

De esta manera, la definición oficial de los distritos mineros corresponde al Glosario Técnico Minero (MME, 2003, pág. 52) adoptado por el Decreto 2191 de 2003 como una “Porción o área de terreno de un país, generalmente designada con un nombre, cuyos límites han sido descritos y dentro de la cual existen minerales que son extraídos según las reglas y regulaciones establecidas por los mineros locales. Para la definición de un distrito minero, no existe límite de su extensión territorial y sus linderos se pueden cambiar siempre y cuando no se interfieran otros derechos”.

Cada distrito posee características específicas relacionadas con el segmento o segmentos de productores presentes, con el destino y volumen de su producción minera, y con el perfil de las potencialidades minera y ambiental de su territorio” (UPME, 2007, pág. 54).

La definición anterior presenta a los distritos mineros como excelentes unidades de análisis en la selección y posterior evaluación del riesgo asociado al cambio climático puesto que cada uno de ellos exhibe sus propias características topográficas, litológicas, hidroclimatológicas, mineras y logísticas, lo que permite evaluar la vulnerabilidad ante eventos climáticos amenazantes.

6.1 Generalidades del distrito minero de Villavicencio – Castilla La Nueva

El distrito está conformado por los municipios de Villavicencio, Acacías y Castilla La Nueva ubicados en el piedemonte llanero y comunicados por la llamada Troncal del Llano que comunica a San José del Guaviare con Arauca. En este distrito minero se concentra cerca del 50% de la población metense y el 76% de la economía departamental (DNP, 2011).

Actualmente, existen conflictos con las comunidades, quienes consideran que en la minería de los materiales de construcción está el origen de las inundaciones y los daños en acueductos e infraestructura rural y urbana por la tendencia creciente en los desbordamientos registrada en la última década. A lo anterior, se suma la emisión de ruido y de material particulado y la afectación de las vías (UPME & Proyección IB2, 2014).

6.1.1 Registros históricos de producción

Según el registro de producción nacional de material de arrastre (arena y grava de río) que presenta la información discriminada por municipio para los últimos tres años (2012, 2013 y 2014) en los que se observa que cerca del 60 % acumulado corresponde a los 20 municipios reportados en la **Tabla 6-1**.

Este distrito representa el 9,2% de la producción total acumulada de material de arrastre entre 2011 y 2014, siendo la segunda mayor del país después de Tabio. Actualmente, su mayor importancia radica en que se convirtió en la fuente sustituta de materiales pétreos de las operaciones cerradas en la cuenca del río Tunjuelito en Bogotá.

En comparación con los principales productores históricos de materiales de arrastre, este distrito minero muestra una fuerte tendencia creciente en los últimos tres años: Villavicencio con 263 % al pasar de 127,4 mil metros cúbicos (m^3) en 2012 a 462,1 m^3 en 2014; Acacías con 720 % al pasar de 38.4 m^3 en 2012 a 315.4 m^3 en 2014 y; Castilla La Nueva con 142 % al pasar de 84.2 m^3 en 2012 a 204.4 m^3 en 2014. Ver Figura 6-1 Departamentos de material de arrastre.

La producción acumulada de los municipios de Villavicencio, Acacías y Castilla La Nueva muestra un crecimiento del 292% en los últimos tres años y esta tendencia tiende a aumentar debido a que esta región es un abastecedor natural de materiales de construcción para Bogotá y para la industria petrolera que se desarrolla en el Oriente del país.

La mayor producción minera proviene de la margen izquierda del río Guatiquía puesto que sobre la derecha existen restricciones legales. La segunda fuente más importante, es el río Guayuriba, donde se explotan ambas márgenes del río.

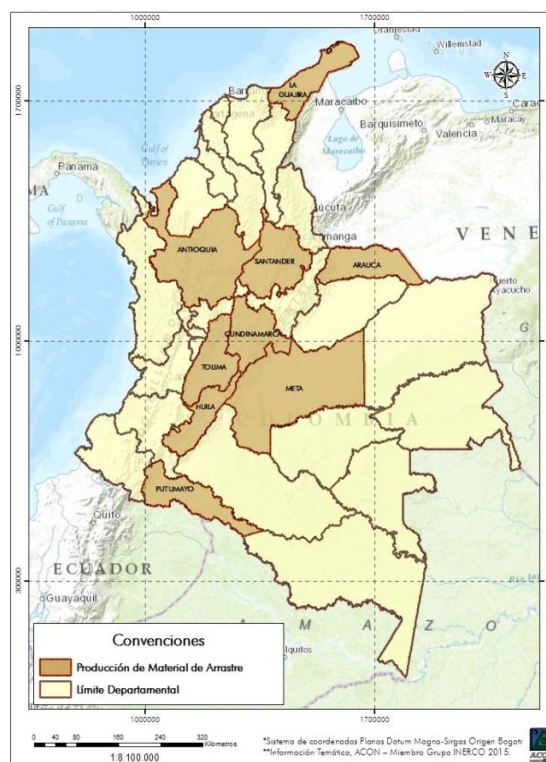
Implementación de Mapas de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Tabla 6-1 Principales distritos de material de arrastre

DPTO.	REGIÓN	ACUMULADO	
		10 ³ m ³	% NaI.
Cundinamarca	Tabio	2,015.8	9.69%
Meta	V/Cencio - Acacias	1,927.8	9.27%
Cundinamarca	Caparrapí	1,520.8	7.31%
Antioquia	Girardota	914.6	4.40%
Huila	Tesalia	803.5	3.86%
Antioquia	Bello	757.5	3.64%
Santander	Giron	554.5	2.67%
La Guajira	Albania	546.5	2.63%
Huila	Gigante	444.4	2.14%
Tolima	Coello	401.0	1.93%
Arauca	Araucuita	350.8	1.69%
Arauca	Arauca	349.6	1.68%
Meta	Cumaral	335.9	1.62%
Putumayo	Orito	315.2	1.52%
La Guajira	Hatonuevo	315.0	1.52%
Putumayo	Mocoa	295.9	1.42%
Meta	San Carlos De Guaroa	293.7	1.41%
Putumayo	Valle De Guamuez	293.4	1.41%
Tolima	San Luis	288.4	1.39%
Meta	Granada	286.7	1.38%
TOTAL PARCIAL		13011.1	62.6%
TOTAL NACIONAL		20792.7	

Fuente: ANM, 2011-2014.

Figura 6-1 Departamentos de material de arrastre



Fuente: ACON, miembro Grupo INERCO, 2015.

6.1.2 Escenario climático futuro

De acuerdo con IDEAM (2015), este distrito minero se verá sometido a disminuciones en la precipitación e incrementos en la temperatura; sin embargo, es posible que la minería de material de arrastre deba enfrentar la situación de los aumentos de precipitación en la parte alta de la cordillera oriental reportada en el mismo documento.

En la actualidad, se estima una precipitación media anual en las cabeceras de los ríos Guatiquía y Guayuriba de 6.000 mm (Alcaldía de Villavicencio, 2013, pág. 15).

6.2 Análisis sintético de los riesgos climáticos sobre la minería de materiales de construcción en el distrito minero Villavicencio – Castilla La Nueva

Como se deriva de los registros del Sistema Integrado de Información para la Prevención y la Atención de Desastres (SIGPAD), las principales amenazas corresponden a inundación, remoción en masa y erosión. En el departamento del Meta se reportaron 182 emergencias entre 1998 y

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)-0850-112-V.001-diciembre/2015

2009 de estas el 82 % (149) asociadas con inundaciones; el 8.2 % (15) con deslizamientos; el 4,4% (8) con vendavales; y el 3,3% (6) con incendios forestales (Contraloría Municipal de Villavicencio, 2010, pág. 77). En la actualidad, se reporta el efecto de la intensificación de los procesos debido a las temporadas invernales con fuerza atípica en el piedemonte llanero donde la deforestación por el avance de la frontera agropecuaria produce fuertes procesos de erosión concentrada.

Los determinantes de las amenazas naturales son: 1) régimen fluvial y su incidencia en los caudales y la carga de sedimentos en las corrientes; 2) pendientes abruptas y; 3) deformaciones neotectónicas en los abanicos y las terrazas aluviales (Alcaldía de Villavicencio, 2000, pág. 18). Los procesos más fuertes de degradación por erosión y acumulación de sedimentos corresponden al río Guaitiquía, donde la colmatación del canal principal en épocas invernales genera desbordamientos e inundaciones, y en segundo lugar al río Guayuriba.

6.3 Caracterización de eventos amenazantes

Con base en el análisis realizado en la matriz de caracterización de eventos se encontró que:

- **Inundaciones:** de acuerdo con IDEAM (2015) ocurrirán incrementos en la precipitación en las cuencas altas y reducciones entre el 10% y el 40% en las áreas mineras. Esta condición de tránsito de grandes caudales por áreas con baja humectación implica con alta posibilidad la ocurrencia de avenidas torrenciales, crecientes súbitas e inundaciones en las llanuras de inundación con mayor intensidad a la registrada históricamente.
- **Remoción en masa y erosión:** los escenarios de precipitación y temperatura indicados por IDEAM (2015) sugieren altas posibilidades de incrementos en los procesos de remoción en masa y erosión debido a una energía del flujo mayor a la registrada hasta el momento.
- **Sequías:** la reducción en las precipitaciones y el aumento en la temperatura producirán con alta posibilidad períodos de sequía más intensos y frecuentes que los reportados históricamente en el piedemonte llanero.
- **Abatimiento del nivel freático:** la información disponible no permite presentar una conclusión sobre esta amenaza; no obstante, el incremento en las precipitaciones en las partes altas podría ser fuente de recarga de los acuíferos de la llanura de inundación.
- **Olas de calor:** el incremento en la temperatura previsto en las modelaciones del IDEAM permite considerar con alta posibilidad que se presentarán períodos más extensos con temperaturas superiores a las registradas históricamente (38 °C en 1944, 37.6 °C en 2010 y 36.2 °C en 2007).
- **Vendavales:** la frecuencia actual de estos fenómenos es de media a baja; sin embargo, bajo los escenarios climáticos se tendría mayor temperatura en áreas anegadas lo que es la fuente de este tipo de eventos con una posibilidad media.

6.4 Valoración de la gravedad de las amenazas directas e indirectas

La evaluación mediante las matrices de amenazas directas e indirectas y la matriz de valoración de la gravedad arrojó los siguientes resultados:

- **Componente administrativo y financiero:** aunque no se registran amenazas directas, se determinó que se sufrirán impactos indirectos altos vía: 1) mayores costos en atención de emergencias y readecuación de obras afectadas; 2) reducción de producción vendible; 3) cumplimiento de normas ambientales sobre emisiones atmosféricas en condiciones de déficit hídrico; e 4) incremento de costos de producción. Los impactos medios estarán asociados con: 1) reducción de horas laborales y mayor prevención en salud; y 2) costos de comercialización en vías en mal estado. Por último, se tendrán impactos bajos por: 1) incrementos en costos laborales; y 2) pago de gestión ambiental y multas.
Esta condición representa amenazas graves debido a los impactos sobre los componentes de recursos humanos, extractivo, de beneficio y transformación y de gestión ambiental; y amenazas relevantes y secundarias debido a los impactos sobre los componentes de recursos humanos, de beneficio y transformación y de gestión ambiental.
- **Componente de recursos humanos:** alta posibilidad de ocurrencia de amenazas directas representada en el incremento de la accidentalidad y el deterioro de la salud y la higiene laboral. Adicionalmente, se verá afectado por amenazas indirectas bajas debido a la accidentalidad en la vía por procesos activos de remoción en masa.
Además, se registran amenazas secundarias relacionadas con el componente del entorno social, ambiental y de gobernabilidad.
- **Componente de la cadena de suministros:** la posibilidad de ocurrencia de amenazas directas se considera nula; sin embargo, tendrá amenazas indirectas medias por los costos de acceso al agua potable y para humectación de suelos, amenazas indirectas bajas por el acceso a suministros por daños en las vías.
Asimismo, para este componente se tienen amenazas secundarias relacionadas con los componentes de recursos humanos, almacenamiento temporal y entorno social, ambiental y de gobernabilidad.
- **Componente extractivo:** alta posibilidad de ocurrencia de amenaza representada en el incremento de emisiones contaminantes (agua, atmósfera y suelo). No registra amenazas indirectas.
- **Componente de almacenamiento temporal:** alta posibilidad de ocurrencia de amenaza representada en el incremento de emisiones contaminantes (agua, atmósfera y suelo).
- **Componente de beneficio y transformación:** alta posibilidad de ocurrencia de amenaza representada en el incremento de emisiones contaminantes (agua, atmósfera y suelo).
- **Componente de transporte y comercialización:** nula posibilidad de ocurrencia de amenazas directas e indirectas.

- **Componente de gestión ambiental:** La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugieren una alta posibilidad de riesgos de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con control de material particulado, constituyendo una amenaza a este componente. La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere una mediana posibilidad de incumplimiento de normas ambientales asociada a gestión de material particulado suponiendo una amenaza para este componente.
- **Componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad:** alta ocurrencia de amenazas directas representadas en el bloqueo de las actividades productivas y la afectación a los servicios públicos. También registra amenazas indirectas altas asociadas a conflictos con las comunidades por el tránsito de volquetas por zonas urbanas. El impacto medio está representado por reducción en las regalías liquidadas por menor producción. Las bajas son: 1) conflictos con la comunidad por incremento en accidentalidad; y 2) mayor presión sobre los sistemas de salud por enfermedades relacionadas con las olas de calor. Se registran amenazas graves en el entorno de gestión ambiental; relevantes en relación con el componente extractivo; y secundarias con los componentes de recursos humanos y extractivo.

6.5 Visión sinóptica de las amenazas al sistema minero

A continuación se recoge una visión sinóptica del análisis de amenazas para el sistema minero en la Figura 6-2.

Figura 6-2 Amenazas directas e indirectas para el sistema minero

AMENAZA DIRECTA/COMPONENTE	Amenazas Directa Componente Recursos Humanos			Amenazas Directa Componente Extractivo			Amenazas Directa Componente Almacenamiento Temporal			Componente beneficio y transformación			Amenaza Directa Componente Gestión Ambiental			Amenaza Directa Componente Entorno Social, Ambiental y de Gobernabilidad					
	3	1	2	3	2	2	2	2	2	3	3	1	3	3		2	1	2	1	1	1
Componente Administrativo, Financiero	3	1	2	3	2	2	2	2	2	3	3	1	3	3		2	1	2	1	1	1
Componente Recursos Humanos	3	1	1	3	2	2	2	2	2	3	3	1	3	1		2	2				
Componente Cadena suministro		1						1								1	1				
Componente Extractivo																					
Componente Almacenamiento Temporal																					
Componente Beneficio y Transformación																					
Componente Transporte y comercialización																					
Componente de Gestión Ambiental																					
Componente entorno social, ambiental y de gobernabilidad																					

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

Se registra un total de 46 amenazas a los diferentes componentes del sistema minero, tanto directas como indirectas. Las directas suman un total de 18 y las indirectas un total de 28.

Se comprueba un total de 13 amenazas graves. Luego, se confirman 18 amenazas relevantes y 15 secundarias. Del total de amenazas, 30 afectan a algunos de los componentes del sistema minero y 16 a su entorno.

De las amenazas al sistema minero, 11 son graves y desde cualquier perspectiva debieran focalizar la atención en materia de adaptación. 5 de ellas afectan al componente administrativo financiero, transformándolo en un componente clave, pero en su mayoría se trata de amenazas indirectas, por tanto, relevantes para el mismo son las fuentes de donde emergen, y éstas son: componente recursos humanos, extractivo, beneficio y transformación, y gestión ambiental.

Estas amenazas directas provienen de crecidas súbitas e inundaciones, sequías y olas de calor. Estos mismos subeventos capitalizan otras 5 amenazas graves. Así, se tiene que los tres subeventos (crecidas súbitas e inundaciones, sequías y olas de calor) y los 4 componentes antes mencionados (recursos humanos, extractivo, beneficio y transformación, y gestión ambiental), constituyen un elemento central para disminuir la vulnerabilidad del sistema.

Tabla 6-2 Número de amenazas directas e indirectas por componentes

Componentes	Indirectas	Directas	Total
Componente Administrativo, Financiero	16	0	16
Componente Recursos Humanos	1	3	4
Componente Cadena suministro	4	0	4
Componente Extractivo	0	3	3
Componente Almacenamiento Temporal	0	3	3
Componente Beneficio y Transformación	0	3	3
Componente Transporte y comercialización	0	0	0
Componente de Gestión Ambiental	0	2	2
Componente entorno social, ambiental y de gobernabilidad	7	4	11
Total	28	18	46

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

La Tabla 6-2 Número de amenazas directas e indirectas por componentes recoge la distribución de amenazas tanto directas como indirectas por componente, y revela el mismo patrón que permitió develar el rápido análisis de las amenazas graves. Quizás añade la importancia del componente de entorno tanto en términos de amenazas directas como indirectas. Es decir, directas que reflejan el efecto de los subeventos sobre el entorno, e indirectas que reflejan el

efecto del comportamiento del sistema minero ante las amenazas sobre el entorno, que son relevantes.

Tabla 6-3 Porcentaje de puntaje de amenaza por componente

Componente	Porcentaje Directo	Porcentaje Indirecto	Acumulado
Componente Administrativo, Financiero	0 %	66 %	33 %
Componente entorno social, ambiental y de gobernabilidad	16 %	24 %	20 %
Componente Extractivo	18 %	0 %	9 %
Componente Beneficio y Transformación	18 %	0 %	9 %
Componente Recursos Humanos	16 %	2 %	9 %
Componente Almacenamiento Temporal	16 %	0 %	8 %
Componente de Gestión Ambiental	16 %	0 %	8 %
Componente Cadena suministro	0 %	8 %	4 %
Componente Transporte y comercialización	0 %	0 %	0 %
total	100 %	100 %	100 %

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

La Tabla 6-3 Porcentaje de puntaje de amenaza por componente analiza el escenario de amenaza desde una perspectiva distinta pero coincidente en sus conclusiones. En esta tabla se han sumado los valores de las amenazas que sufría cada componente, si una amenaza es grave entonces eran 3 puntos, si era leve era 1 punto. Así, el resultado que se obtuvo (no visible en la tabla) es que el sistema en general tiene 50 puntos de amenazas indirectas, y 38 puntos en amenazas directas. Así, por ejemplo, el componente Administrativo y Financiero acumula un 66% de puntos de amenaza indirecta, un 33% de los puntos de amenaza indirecta e indirecta. Visto así, son cinco los componentes ubicados en la parte superior de la tabla, y que se sitúan en el centro del proceso de adaptación, componente administrativo y financiero; entorno social, ambiental y de gobernabilidad; extractivo; beneficio y transformación, y recursos humanos.

6.6 Valoración de la vulnerabilidad

La estimación de los índices relacionados con la vulnerabilidad se realiza con base en la presencia relativa de los tres tipos de minería considerados, es decir, gran minería, mediana minería y minería de subsistencia y pequeña minería. Adicionalmente, se evalúan los recursos (institucionales, directivos, técnicos y materiales) que disponibles para cada tipo de extracción.

A partir de la información expuesta por UPME & Proyección IB2 (2014, págs. 40 - 49) y el trabajo de campo, se determinó que este distrito presenta una composición aproximada de 20 % de gran minería, 60 % de mediana minería y 20 % de minería de subsistencia y de pequeña escala.

6.6.1 Índice de sensibilidad minera

Como es de esperar, la disponibilidad de los recursos considerados será mayor en cuanto mayor sea el grado de organización empresarial y operacional presente el segmento minero en análisis. Para el caso del distrito minero de Villavicencio – Castilla La Nueva, los valores ponderados estimados para el índice de fortaleza por segmento son: 1) 0,8 para gran minería (GM), 2) 0,3 para mediana minería (MM); y 3) 0,04 para minería de subsistencia y en pequeña escala (MSPE).

En función de los índices de fortaleza por segmento y la presencia relativa de cada uno de estos, presentados en la Tabla 6-4, se estableció un índice de sensibilidad del sistema minero de 0,47.

Tabla 6-4 Índice de sensibilidad del sistema minero en el distrito Villavicencio – Castilla La Nueva

Índice de sensibilidad del sistema minero							
Tipos de minería		Gran minería		Mediana Minería		Pequeña minería y artesanal	
Variables	Ponderación variable	Presencia relativa	Valor ponderado	Presencia relativa	Valor ponderado	Presencia relativa	Valor ponderado
Recursos institucionales	0,2	0,9	0,18	0,8	0,16	0,25	0,05
Recursos directivos	0,2	0,9	0,18	0,6	0,12	0,1	0,02
Recursos técnicos	0,25	0,8	0,2	0,5	0,125	0,15	0,0375
Recursos de calidad	0,15	0,5	0,075	0,3	0,045	0,3	0,045
Recursos de materiales	0,2	0,9	0,18	0,5	0,1	0,2	0,04
Verificación	1		0,815		0,55		0,1925
Índice sensibilidad segmento			0,815		0,55		0,1925
Presencia relativa segmento en Sistema Minero			0,2		0,6		0,2
Índice sensibilidad sistema Minero			0,163		0,33		0,0385

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

$$\text{Índice de sensibilidad} = 1 - (\text{Índice de fortaleza} * \text{Presencia relativa})$$

$$\text{Índice de sensibilidad} = 1 - [GM (0,8 * 0,2) + MM (0,6 * 0,6) + MSPM (0,2 * 0,2)] = 0,47$$

Este valor da cuenta de un sistema minero cuya fragilidad se podría clasificar como moderada con tendencia a la baja frente a la predisposición humana, física, de infraestructura y de los ecosistemas a verse afectados por amenazas climáticas.

6.6.2 Índice de capacidad de adaptación del sistema minero

La capacidad de adaptación se determinó a partir de la ponderación de las variables de disponibilidad de los recursos para cada segmento minero: 1) 0,18 para gran minería (GM); 2) 0,35 para mediana minería (MM); y 3) 0,05 para minería de subsistencia y en pequeña escala.

De forma similar a la estimación del índice de sensibilidad, se multiplica la capacidad de adaptación por la presencia relativa de los segmentos con el objeto de calcular el índice de adaptación del sistema minero del distrito.

Tabla 6-5 Índice de capacidad de adaptación del sistema minero en el distrito Villavicencio – Castilla La Nueva

Índice de capacidad de adaptación del sistema minero							
Tipos de minería		Gran minería		Mediana minería		Pequeña minería y artesanal	
Variables	Ponderación variable	Presencia relativa	valor ponderado	Presencia relativa	valor ponderado	Presencia relativa	valor ponderado
Recursos financieros: Índice de rentabilidad de la empresa minera	0,3	0,8	0,24	0,6	0,18	0,4	0,12
La existencia y calidad de su dirección y gestión técnica/ recursos tecnológicos	0,3	1	0,3	0,7	0,21	0,2	0,06
Disponibilidad de recursos materiales	0,2	1	0,2	0,5	0,1	0,3	0,06
Disponibilidad de recursos humanos capacitados	0,2	0,8	0,16	0,5	0,1	0,1	0,02
Verificación	1		0,9		0,59		0,26
Capacidad adaptación segmento	1		0,9		0,59		0,26

Implementación de Mapas de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Índice de capacidad de adaptación del sistema minero							
Tipos de minería		Gran minería		Mediana minería		Pequeña minería y artesanal	
Variables	Ponderación variable	Presencia relativa	valor ponderado	Presencia relativa	valor ponderado	Presencia relativa	valor ponderado
Presencia relativa segmento minero en Sistema Minero			0,2		0,6		0,2
Índice capacidad adaptación sistema Minero			0,18		0,354		0,052

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

$$\text{Índice de adaptabilidad} = [GM (0,90 * 0,2) + MM (0,59 * 0,6) + MSPM (0,26 * 0,2)] = 0,59$$

El valor obtenido muestra un sistema minero con una capacidad de adaptación moderada con tendencia al alza.

6.6.3 Índice de vulnerabilidad climática del sistema minero

A partir de los datos obtenidos para los índices de sensibilidad y capacidad de adaptación, se determinó que la vulnerabilidad del sistema minero del distrito de Villavicencio – Castilla La Nueva de acuerdo a una combinación de ambos parámetros, sensibilidad y capacidad de adaptación de acuerdo a la escala recogida en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6 Escala para determinar índice de Vulnerabilidad

		Índice de sensibilidad		
Índice Capacidad de adaptación		Baja	Media	Alta
		0-0.01	0.11-0.6	0.61-1
Alta	1 – 0.9	Baja	Media	Media
Media	0.89 – 0.6	Baja	Media	Alta
Baja	0.59 - 0	Baja	Alta	Alta

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

De acuerdo a los valores obtenidos para este sistema minero Índice de Sensibilidad = 0.47 y Índice Capacidad de Adaptación = 0.59, en síntesis la vulnerabilidad del sistema es ALTA.

6.7 Estimación del riesgo

Los riesgos son estimados con base en la valoración de las amenazas y la vulnerabilidad del sistema de acuerdo a la fórmula.

$$\text{Riesgo} = \text{Gravedad del daño esperado} * \text{Índice de vulnerabilidad}$$

Este cálculo se realiza igualmente mediante una escala compuesta reflejada en la Tabla 10 Índice de riesgo.

Tabla 6-7 Índice de riesgo

		VULNERABILIDAD SISTEMA MINERO		
		Baja	Media	Alta
GRAVEDAD AMENAZA	Baja	Baja	Baja	Baja
	Media	Media	Media	Alta
	Alta	Media	Alta	Alta

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015

Los riesgos asociados con el cambio y la variabilidad climática en el distrito se distribuyen entre bajos y medios, como consecuencia de fenómenos de crecientes súbitas, inundaciones, olas de calor, sequías prolongadas (control de material particulado y déficit hídrico), remoción en masa y erosión.

6.7.1 Cualificación de los riesgos climáticos

Tal como se ha señalado en el documento metodológico de referencia para este caso piloto, a partir de la cualificación de los riesgos en varios grupos es posible determinar su correcta gestión.

6.7.1.1 Riesgos controlables o mitigables

Una vulnerabilidad moderada con tendencia al alza (0,59) permite considerar que la adopción de medidas correctivas, frente a los fenómenos considerados como amenaza grave sobre los componentes mineros, permitirá controlar los impactos graves así:

- Crecientes súbitas y avenidas torrenciales. La accidentalidad en las operaciones mineras, la afectación a los sistemas de captación de agua potable, el daño a la infraestructura pública y minera y la discontinuidad en las operaciones extractivas.
- Sequías. Sistemas de captación de agua potable para consumo en la mina y control de material particulado.
- Remoción en masa y erosión. Daño en la infraestructura de transporte local o regional.

6.7.1.2 Riesgos transferibles

Estos riesgos requieren la identificación adecuada de los actores más idóneos para su gestión.

- Autoridades municipales y departamentales. Control de sistemas públicos de captación de agua potable, adecuación de vías de transporte locales y regionales.
- Autoridades ambientales. Control de inundaciones y desbordamientos por cambio en la dinámica fluvial.

6.7.1.3 Riesgos aceptables

Estos se refieren a aquellos riesgos cuyo potencial de daño y temporalidad no representan impactos fuertes sobre los seres humanos, la economía o la producción en el distrito minero. Estos requieren protocolos de atención.

- Olas de calor. Las temperaturas esperadas según los escenarios climáticos no serán inhabilitantes para los trabajadores mineros ni para la sociedad en general.
- Crecientes lentas. Cuya ocurrencia permita la evacuación del personal y la maquinaria.

6.8 Objetivos y estrategia de adaptación

El análisis de riesgo realizado y su valoración permite definir un objetivo general para un hipotético plan de adaptación a la vulnerabilidad y riesgo al cambio y la vulnerabilidad climática del sistema minero de materiales de construcción en el entorno de Villavicencio.

Ese análisis sugiere que el plan debiera abocarse primordialmente a la gestión de los riesgos más severos que afectan a los componentes recursos humanos, extractivo, beneficio y transformación y gestión ambiental derivados de los subeventos crecientes súbitas e inundaciones, sequías y olas de calor, con el propósito de evitar el riesgo muy severo y generalizado de afección al componente administrativo financiero, que pudiera ocasionar un bloqueo grave a la actividad.

No menor es el papel de la gestión de los riesgos desde y hacia el entorno, lo que supone que debe constituir un objetivo propio poner especial acento en la gestión de los riesgos posibles desde el sistema al entorno para no hacer más complejo su propio escenario, así como del entorno al sistema.

Desde esta perspectiva lo que se pretende es generar continuidad administrativa, operativa y logística del sistema del distrito minero de materiales de construcción de Villavicencio – Castilla La Nueva bajo condiciones climáticas adversas.

6.9 Líneas estratégicas para la adaptación de materiales de construcción en Villavicencio

A partir de las líneas estratégicas establecidas para adaptación climática del sector minero colombiano en el capítulo correspondiente de este documento se tiene que:

6.9.1 Línea estratégica 1. Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación climática

En la actualidad, se han verificado variaciones en la torrencialidad de los ríos, los movimientos en masa en la parte media de sus cuencas y, por lo tanto, en una creciente carga de sedimentos transportada hasta los conos de deyección donde se ubica el mayor número de extracciones mineras. Adicionalmente, se reporta para los últimos años cambios más rápidos en la divagación natural de estos ríos.

En entrevista con funcionarios de Cormacarena se conoció que en los últimos años la creciente carga de sedimentos ha estado modificando la respuesta del depósito al método de explotación diseñado originalmente. Es así como el método de dársenas transversales al cauce, el más usado en la zona por su buen funcionamiento, ahora está contribuyendo a exacerbar la divagación natural de los ríos y, en consecuencia, esta corporación está promoviendo el cambio de métodos hacia el uso de canales longitudinales paralelos al cauce (Reunión con Cormacarena, 24 de agosto de 2015).

Estas variaciones deben ser reconocidas por los diferentes actores mineros como evidencias ciertas de un creciente riesgo derivado del cambio y la variabilidad climáticos sobre el sistema minero que debe ser gestionado e incluido en los planes operativos (planes de trabajos y obras y estudios de impacto ambiental).

6.9.2 Línea estratégica 2. Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros

En este distrito se observa una divergencia entre las proyecciones del clima futuro y las condiciones reales. Por una parte el IDEAM (2015), prevé una reducción en las precipitaciones; por otra parte, en la región se registra una tendencia creciente al incremento de éstas en los últimos años.

La incertidumbre y la desconfianza asociada con esta divergencia representan una barrera a la adaptación climática en este distrito minero. Por esta razón, se requiere que la implementación de modelos de proyección climática cuente con información más detallada y confiable, esto permitirá desarrollar conocimiento técnico y científico para identificar las amenazas y los impactos

climáticos futuros, y a partir de estos evaluar el riesgo y determinar las opciones de adaptación climática.

6.9.3 Línea estratégica 3. Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática

La inclusión de la actividad minera en los planes de ordenamiento territorial está restringida a generalidades y citas normativas; en estos documentos no se evidencia una participación real de los actores mineros presentes en la región (Alcaldía de Villavicencio, 2000), (Minambiente, Parques Nacionales Naturales, Cormacarena, CAR, & Corporinoquía, s.f.), (Alcaldía de Acacías, 2000) y (Alcaldía de Castilla La Nueva, 2005).

De acuerdo con lo establecido por la Ley 388 de 1997, el Decreto 150 de 1999 y las guías de planificación territorial (Minambiente, 2004, pág. 7), de cuencas (Minambiente, 2014 b, pág. 32) y del recurso hídrico (Minambiente, 2014 c, pág. 29), la participación de los actores mineros debe incluirse en el ordenamiento territorial, de cuencas y del recurso hídrico.

La información y el conocimiento adquirido por quienes desarrollan actividades extractivas es de gran importancia para la toma de decisiones sobre el territorio y los recursos no renovables para enfrentar los eventos climáticos extremos futuros, que como se ha confirmado excederán aquellos registrados en el pasado.

6.9.4 Línea estratégica 4. Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero

Las modificaciones en el comportamiento de los depósitos de material de arrastre en el distrito minero precisan integrar la planificación de la adaptación climática dentro de los planes estratégicos, operativos y logísticos del sistema minero. Esta inclusión contribuirá a la reducción de la vulnerabilidad económica, operativa y logística del distrito.

La no adopción de medidas de adaptación resultará, con alto grado de certeza, en el incremento de los costos operativos y logísticos de las actividades mineras del distrito.

6.9.5 Línea estratégica 5. Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros

Es prioritario identificar nuevos métodos de explotación de depósitos aluviales en corrientes torrenciales y canales trenzados. Igualmente, se deberán explorar medidas administrativas y logísticas para afrontar las condiciones de clima adverso previstas para la región.

6.10 Estrategias y objetivos de adaptación para el sistema minero

De acuerdo con el análisis del riesgo y las líneas estratégicas expuestas anteriormente, se proponen las siguientes estrategias y se incluyen algunos objetivos de adaptación.

- Con respecto a la Línea estratégica 1-Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación climática se presentan las siguientes estrategias:

6.10.1 Promover el liderazgo corporativo en temas de adaptación climática

Los tomadores de decisiones deben estar sólidamente comprometidos con la planificación de la adaptación climática en un distrito, donde la producción minera y el depósito mismo dependen de las interrelaciones entre la geomorfología y la climatología.

Objetivos:

- Promover la importancia de la adaptación climática entre la alta gerencia de las unidades productivas del distrito.
- Integrar los planes de adaptación climática a los planes corporativos y operativos de las diferentes unidades productivas.
- Ofrecer capacitación especializada a los tomadores de decisiones de las unidades productivas.

6.10.2 Garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura y la logística utilizada por el sistema minero

La creciente carga de sedimentos tendrá impactos directos sobre las vías que comunican las unidades productivas con los centros de consumo, afectando el suministro de bienes y la distribución de la producción. Adicionalmente, una creciente tendencia a la agradación de los canales facilitará los desbordamientos y con estos se afectarán las estructuras propias de la producción, el almacenamiento temporal y el beneficio de los materiales de arrastre.

Dos de los tres riesgos controlables o mitigables identificados en el numeral 6.7.1.1 se relacionan con lo anterior y, por lo tanto, requieren su consideración y estudio con profundidad para garantizar la correcta operación del sistema minero en cada distrito minero.

Objetivos:

- Evaluar las condiciones de la infraestructura y la logística ante los cambios esperados a corto, mediano y largo plazo.
- Establecer rutas alternas que permitan el acceso de suministros y la evacuación de la producción durante eventos adversos.

A la luz de la Línea estratégica 2-Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático, se indican las estrategias expuestas a continuación:

6.10.3 Generar iniciativas público privadas para que las empresas inicien sus estudios y mejoramiento de los componentes según los tipos de sistema minero

El distrito precisa contar con sistemas productivos más limpios y adaptativos que, además, contribuirán a establecer relaciones más benéficas con las comunidades y los entes gubernamentales en sus diferentes niveles.

Objetivos:

- Identificar los riesgos climáticos y gestionarlos bajo criterios técnicos y de costo efectividad.
- Promover la participación de las empresas extractivas, las asociaciones mineras y las instituciones en la planificación de la adaptación climática.

6.10.4 Desarrollar el conocimiento y la experiencia

La divergencia entre lo expuesto por IDEAM (2015) y lo observado por las personas entrevistadas en la región en cuanto al comportamiento climático exige el desarrollo de investigaciones técnico científicas que arrojen herramientas para la toma de decisiones correctas en torno a las mejores prácticas de adaptación.

Objetivos:

- Modelar los escenarios climáticos con mayor grado de detalle para identificar las condiciones futuras más probables.
- Evaluar otros métodos de explotación de aluviones en ríos trezados con torrencialidad creciente.
- Fomentar la transferencia de conocimiento y experiencia entre los distintos actores territoriales.

De la Línea estratégica 3-Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática, se desprenden dos estrategias:

6.10.5 Integrar la adaptación al cambio climático de la industria minera en la planificación territorial

La construcción de capacidades adaptativas requiere la participación de todos los actores presentes en el territorio y, bajo esta premisa, la información y el conocimiento desarrollado por la industria minera deben ser contemplados en la planificación adaptativa regional.

Objetivos:

- Fortalecer la coherencia y la cooperación interinstitucional frente a las medidas de adopción requeridas.
- Promover la cooperación entre entes gubernamentales y empresas mineras en los análisis de las amenazas, los impactos y las medidas de adaptación más propicias para el distrito minero.
- Examinar las condiciones de los sistemas municipales y privados de captación de agua.

6.10.6 Incluir a los actores mineros dentro de la planificación del territorio, las cuencas y el recurso hídrico

Los aportes de conocimiento, experiencia e información del sector minero son una fuente primordial en la construcción de objetivos de ordenamiento del territorio, las cuencas y el recurso hídrico. En el caso específico del distrito minero de Villavicencio – Castilla La Nueva, los actores mineros deben ser permanentes observadores de la dinámica fluvial y, por lo tanto, son los grandes concededores de su comportamiento.

Objetivos:

- Promover la participación de la industria minera en los diferentes escenarios de planificación.
- Incluir la información suministrada por el sector minero en la fase de diagnóstico del territorio.
- Evaluar con criterios técnicos las oportunidades y los conflictos de la actividad minera sobre la dinámica fluvial.
- Facilitar el aporte de información a las autoridades ambientales para la gestión de inundaciones y desbordamientos de acuerdo con el riesgo transferible identificado en 6.7.1.1.

Las siguientes estrategias emergen de acuerdo con la Línea estratégica 4-Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero:

6.10.7 Gestionar los riesgos del cambio climático para reducir las vulnerabilidades

La evaluación de los riesgos climáticos bajo conceptos técnicos, científicos y económicos se constituye en la herramienta preeminente requerida en la selección de las medidas adaptativas con mayor costo-beneficio efectivo para enfrentar eventos climáticos que superarán a aquellos registrados en el pasado.

Objetivos:

- Promover sistemas de distribución de información veraz, técnica y científica relacionada con los riesgos del cambio climático en la región.
- Diseñar esquemas que integren las acciones de mitigación con las seleccionadas para la adaptación.
- Determinar la idoneidad de los diferentes actores para gestionar los distintos tipos de riesgos climáticos y crear mecanismos de coordinación entre ellos.
- Promover la elaboración de protocolos de manejo de los riesgos aceptables relacionados con olas de calor y crecientes lentas identificados en el numeral 6.7.1.1.

6.10.8 Explorar medidas de adaptación eficientes y bajo esquemas de análisis de costo efectividad

La selección de las opciones de adaptación debe considerar el análisis de costo-efectividad de su implementación a corto, mediano y largo plazo; al igual que su viabilidad ambiental, social y financiera.

Objetivos:

- Reducir el consumo energético y las emisiones atmosféricas.
- Identificar alternativas de adaptabilidad en los sistemas extractivos.
- Incluir estudios de factibilidad financiera en los procesos de adaptación.
- Explorar métodos alternativos de control de emisión de partículas propicias para el distrito.

6.10.9 Mantenimiento de los servicios ecosistémicos esenciales que contribuyen al desempeño industrial minero, el bienestar humano y la prosperidad de las comunidades presentes en el distrito minero

La valoración de los servicios ecosistémicos ofrecidos en el distrito minero debe ser estimada en cada uno de los ejercicios de planificación de las empresas mineras, con el fin de preservarlos y contribuir en su fortalecimiento.

Objetivos:

- Proteger y conservar las fuentes hídricas.
- Contribuir al fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas presentes en el distrito.

6.10.10 Ofrecer capacitación especializada en adaptación al cambio climático

Los diferentes miembros de la comunidad minera de los distritos mineros deben estar capacitados en los temas relacionados con la adaptación climática para garantizar coherencia en las decisiones tomadas.

Objetivos:

- Determinar el grado de conocimiento que tienen los diferentes actores del distrito sobre implicaciones del cambio climático en el sistema minero.
- Dirigir la capacitación hacia los diferentes tipos de riesgo climático determinados para el sistema.
- Promover la inclusión de los diferentes conceptos de cambio climático en los sistemas educativos del distrito minero.

Implementación de Mapas de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Tabla 6-8 Líneas estratégicas, estrategias y objetivos de adaptación del sistema minero Villavicencio – Castilla La Nueva

LÍNEAS ESTRATÉGICAS	ESTRATEGIAS	OBJETIVOS
Línea estratégica 1. Concientizar al sector minero sobre la importancia de la adaptación climática	Promover el liderazgo corporativo en temas de adaptación climática	a) Promover la importancia de la adaptación climática entre la alta gerencia de las unidades productivas del distrito b) Integrar los planes de adaptación climática a los planes corporativos y operativos de las diferentes unidades productivas. c) Ofrecer capacitación especializada a los tomadores de decisiones de las unidades productivas
	Seguridad y durabilidad de la infraestructura y la logística utilizada por el sistema minero	a) Evaluar las condiciones de la infraestructura y la logística ante los cambios esperados en el corto, mediano y largo plazo. b) Establecer rutas alternas que permitan el acceso de suministros y la evacuación de la producción durante eventos adversos.
Línea estratégica 2. Generar información y conocimiento para evaluar el riesgo climático en los distritos mineros	Iniciativas público privadas para que las empresas inicien sus estudios y mejoramiento de los componentes según los tipos de sistema minero	a) Identificar los riesgos climáticos y gestionarlos bajo criterios técnicos y de costo efectividad. b) Promover la participación de las empresas extractivas, las asociaciones mineras y las instituciones en la planificación de la adaptación climática.
	Desarrollar el conocimiento y la experiencia	a) Modelar los escenarios climáticos con mayor grado de detalle para identificar las condiciones futuras más probables. b) Evaluar otros métodos de explotación de aluviones en ríos trezados con torrencialidad creciente. c) Fomentar la transferencia de conocimiento y experiencia entre los distintos actores territoriales
Línea estratégica 3. Planificar el uso del territorio minero bajo criterios de adaptación climática	Integrar la adaptación al cambio climático de la industria minera en la planificación territorial	a) Fortalecer la coherencia y la cooperación interinstitucional frente a las medidas de adopción requeridas. b) Promover la cooperación entre entes gubernamentales y empresas mineras en los análisis de las amenazas, los impactos y las medidas de adaptación más propicias para el distrito minero.
	Incluir los actores mineros dentro de la planificación del territorio, las cuencas y el recurso hídrico	a) Promover la participación de la industria minera en los diferentes escenarios de planificación. b) Incluir la información suministrada por el sector minero en la fase de diagnóstico del territorio. c) Evaluar con criterios técnicos las oportunidades y los conflictos de la actividad minera sobre la dinámica fluvial
Línea estratégica 4. Implementar medidas de adaptación incremental para el sistema minero	Gestionar los riesgos del cambio climático para reducir las vulnerabilidades	a) Promover sistemas de distribución de información veraz, técnica y científica relacionada con los riesgos del cambio climático en la región. b) Diseñar esquemas que integren las acciones de mitigación con las seleccionadas para la adaptación. c) Determinar la idoneidad de los diferentes actores para gestionar los distintos tipos de riesgos climáticos y crear mecanismos de coordinación entre ellos.
	Explorar medidas de adaptación eficientes y bajo esquemas de análisis de costo efectividad	a) Reducir el consumo energético y las emisiones atmosféricas. b) Identificar alternativas de adaptabilidad en los sistemas extractivos. c) Incluir estudios de factibilidad financiera en los procesos de adaptación
Línea estratégica 5. Fortalecer las capacidades de resiliencia y reacción en los sistemas mineros	Mantenimiento de los servicios ecológicos esenciales que contribuyen al desempeño industrial minero, el bienestar humano y la prosperidad	a) Proteger y conservar las fuentes hídricas. b) Contribuir al fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas presentes en el distrito.
	Ofrecer capacitación especializada en adaptación al cambio climático	a) Determinar el grado de conocimiento que sobre implicaciones del cambio climático en el sistema minero tienen los diferentes actores del distrito. b) Dirigir la capacitación hacia los diferentes tipos de riesgo climático determinados para el sistema. c) Promover la inclusión los diferentes conceptos de cambio climático en los sistemas educativos escolares del distrito minero.

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

BIBLIOGRAFÍA

- AECOM. (2015). *Becoming climate resilient: an executive business case*. Obtenido de: http://www.aecom.com/deployedfiles/Internet/Books/Becoming_Climate_Resilient_Guide_JUNE2015_final_low%20rez_a4.pdf.
- Alcaldía de Acacías. (2000). *Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Acacías*. Acacías, Meta: Obtenido de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/3pbot%20-%20plan%20basico%20de%20ordenamiento%20territorial%20-%20acacias%20-%20meta%20-%202000.pdf>.
- Alcaldía de Castilla La Nueva. (2005). *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Castilla La Nueva*. Castilla La Nueva, Meta: Obtenido de: http://castillalanueva-meta.gov.co/apc-aa-files/39373531633363616264356539303334/esquema_de_ordenamiento_territorial_castilla.pdf.
- Alcaldía de Villavicencio. (2000). *Documento técnico de soporte al plan de ordenamiento territorial del municipio de Villavicencio: Norte 2000 - 2007*. Informe técnico, Alcaldía Municipal de Villavicencio, Villavicencio. Obtenido de: http://www.curaduria2villavicencio.com/wp-content/uploads/documento_tecnico.pdf.
- Alcaldía de Villavicencio. (2013). *Plan de ordenamiento territorial Norte: Síntesis diagnóstica*. Secretaría de Planeación Municipal de Villavicencio., Villavicencio. Obtenido de: <file:///C:/Users/JH/Downloads/Sintesis%20Diagnostica%20POT%20NORTE%20Villavicencio%20Marzo%2025-2013.pdf>.
- Blate, G., Joyce, L., Littell, J., McNulty, S., Millar, C., Moser, C., . . . Peterson, D. (2009). Adapting to climate change in United States national forests. *Unasylva*, 60(231 - 232), 57 - 62. Obtenido de: http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2009_blate_g001.pdf
- Carey, J. (2006, julio 16). *Business on a warmer planet: rising temperatures and later winter are already costing millions. How some companies are adapting to the new reality*. Retrieved junio 16, 2015, from Bloomberg Business: <http://www.bloomberg.com/bw/stories/2006-07-16/business-on-a-warmer-planet>
- CEPAL. (2009). *La economía del cambio climático en Chile. Síntesis*. Naciones Unidas. Santiago, Chile: Obtenido en: http://www.cambioclimaticochoile.cl/pdf/la_economia_del_cambio_climatico_chile_2009_CEPAL.pdf.
- Contraloría Municipal de Villavicencio. (2010). *Informe del estado de los recursos naturales y el medio ambiente: 2009*. Informe técnico, Contraloría Municipal de Villavicencio, Villavicencio. Obtenido de: <http://contraloriavillavicencio.gov.co/dctos/ambiental.pdf>.

- Decreto 150. (1999). *Por medio del cual se reglamenta la Ley 388 de 1999*. Bogotá: Diario Oficial N° 43.483 del 22 de enero de 1999. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1315#1>
- Defeo, O., Castrejón, M., Ortega, L., Kuhn, A., Gutiérrez, N., & Castilla, J. (2013). Impacts of climate variability on Latin America smallscale fisheries. *Ecology and Society*, 18(4), Obtenido de: <http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss4/art30/ES-2013-5971.pdf>.
- DNP. (2011). *Visión del desarrollo territorial departamental. Visión Meta 2032: Territorio integrado e innovador*. Informe técnico, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, D.C. Obtenido de: <https://javierferro.files.wordpress.com/2013/05/documento-vision-meta-2032-ultimo-131211.pdf>.
- DNP, Minambiente, IDEAM, SNGRD, & UNGRD. (2012). *Plan nacional de adaptación al cambio climático. ABC: adaptación bases conceptuales. Marco conceptual y lineamientos*. Bogotá, D.C.: Obtenido de: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC_ABC%20Adaptaci%C3%B3n%20Bases%20Conceptuales%20CD.pdf.
- Doornbos, B. (2011). *Experiencias de adaptación al cambio climático en Latinoamérica: Avances en políticas públicas nacionales, el accionar local de proyectos y una reflexión sobre su articulación*. Quito, Ecuador.: Asocam.
- Easterling, W., Hurd, B., & Smith, J. (2004). *Coping with climate change: the role of adaptation in the United States*. Informe preparado para Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA., EE.UU. Obtenido de: <http://www.c2es.org/docUploads/Adaptation.pdf>.
- EPA. (2014). *Climate change adaptation technical fact sheet: landfills and containment as an element of site remediation*. Agencia de protección ambiental de los EE.UU. -EPA.
- Ford, J., Pearce, T., Prno, J., Duerden, F., Ford, L., Beaumier, M., & Smith, T. (2010). Perceptions of climate change risks in primary resource use industries: a survey of the Canadian mining sector. *Regional environment change*, 10, 65 - 81 Obtenido de: http://www.researchgate.net/publication/225368125_Perceptions_of_climate_change_risks_in_primary_resource_use_industries_a_survey_of_the_Canadian_mining_sector.
- Frusher, S., Hobday, A., Jennings, S., Crighton, C., D'Silva, D., Pecl, G., . . . van Putten, E. (2013). A short history of a marine hotspot - from anecdote to adaptation in south-east Australia. *Reviews in fish biology and fisheries*, Obtenido de: http://www.researchgate.net/publication/257342121_The_short_history_of_research_in_a_marine_climate_change_hotspot_from_anecdote_to_adaptation_in_south-east_Australia.
- Generalitat de Catalunya. (2006). *Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales*. Dirección general de relaciones laborales, Departamento de Trabajo, Generalitat de Catalunya. Barcelona: Obtenido en: https://www.gencat.cat/treball/doc/doc_21212475_2.pdf.

- Hodgkinson, J., Hobday, A., & Pinkard, E. (2014). Climate adaptation in Australia's resource-extraction industries: ready or not? *Regional environmental Change*, 14(4), 1663 - 1678. Obtenido de: http://www.researchgate.net/publication/271119421_Climate_adaptation_in_Australia_s_resource-extraction_industries_ready_or_not.
- Hodgkinson, J., Loechel, B., & Crimp, S. (2013). Informing the future of Australian mining through climate change scenarios. *20th International Congress on Modelling and Simulation*, (pp. 2221 - 2227). Adelaide, Australia. Obtenido de: <http://www.mssanz.org.au/modsim2013/K7/hodgkinson.pdf>.
- ICMM. (2009). *Policy on climate change: Implementing a global solution to managing a low emissions economy*. Londres, Reino Unido: Obtenido de: <http://www.eisourcebook.org/cms/Feb%202013/ICMM-Climate-Policy-26.11.pdf>.
- ICMM. (2013). *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry*. International council on mining and metals - ICMM, Londres, Reino Unido. Obtenido de: <http://www.icmm.com/document/5173>.
- IDEAM. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia (2011 - 2100). Herramientas científicas para la toma de decisiones: Enfoque nacional - departamental. Tercera comunicación nacional de cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -IDEAM. Bogotá, D.C.: Obtenido de: <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/escenarios-de-cambio-climatico-2015.pdf>.
- IISD. (2014). *2014 ADAPTool application: Strengthening adaptive capacity in two Canadian provinces: ADAPTool analysis of selected mining policies in Manitoba and Saskatchewan: a synthesis report*. Informe preparado por International Institute for Sustainable Development para Natural Resources Canada, Manitoba, Canadá. Obtenido de: http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/adapttool_mining_synthesis.pdf.
- IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC*. Retrieved from El cambio climático 2007: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Grupo de trabajo II. Anexo I - Glosario: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-annex-sp.pdf>
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (C. V.-K. Field, Ed.) Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU.): Cambridge University Press. Obtenido en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. (C. V. Field, Ed.) Ginebra, Suiza.: Organización meteorológica mundial. Obtenido de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf.

- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. Ginebra, Suiza.: Organización meteorológica mundial.
- Lavell, A. (2012). *La adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo: reflexiones e implicancias. Proyecto Inversión pública y adaptación al cambio climático -GIZ/Flacso*. Lima, Perú: Obtenido de: <http://www.ipacc.pe/doc/Notatecnica1VFi.pdf>.
- LCCP, SDRTEE, & SECCP. (2006). *Adapting to climate change impacts: a good practice guide for sustainable communities*. Obtenido de: <http://www.hertsdirect.org/infobase/docs/pdfstore/ccadapting.pdf>.
- Leith, P., Ogier, E., Pecl, G., Hoshino, E., Davidson, J., & Haward, M. (2013). Towards a diagnostic approach to climate adaptation for fisheries. *Tasmanian School of Business & Economics, Discussion paper series 2013-20*, Obtenido de: http://eprints.utas.edu.au/17317/1/2013-20_Eriko_etal.pdf.
- Ley 388 (1997). (Diario Oficial N° 43.091 del 24 de julio de 1997). *Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Diario Oficial. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>
- Locke, P., Clifton, C., & Westra, S. (2011, abril 21). *Extreme weather events and the mining industry*. (E. a. -E&MJ, Ed.) Retrieved octubre 21, 2015, from Engineering and mining journal -E&MJ: http://www.e-mj.com/departments/operating-strategies/944-extreme-weather-events-and-the-mining-industry.html#.VkUMa_kvdhE
- Lough, J., & Hobday, A. (2011). Observed climate change in Australian marine and freshwater environments. *Marine and freshwater Research*, 62(9), 984 - 999. Obtenido de: http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=MF10272.pdf.
- MAC. (2010). *Mining sector performance report: 1998 - 2008*. Ottawa: Obtenido de: http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/mineralsmetals/pdf/mms-smm/pubr-pubr/pdf/EMMC_english.pdf.
- Mason, L., & Giurco, D. (2013). *Climate change adaptation for Australian minerals industry professionals. Synthesis and integrative research. Final report*. National climate change adaptation research facility. Sydney, Australia: Obtenido de: https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/attached_files_publications/Mason_2013_A_guide_for_mining_and_minerals_industry.pdf.
- Millar, C., Stephenson, N., & Stephen, S. (2007). Climate change and forest of the future: managing in the face of uncertainty. (E. S. America, Ed.) *Ecological applications*, 17(8), 2145 - 2151 Obtenido de: <http://www.prbo.org/cms/docs/climatechange/millaretal.pdf>.

- Miller, S., Yoon, S.W., & Yu, B.K. (2013). *Vulnerability indicators of adaptation to climate change and policy implications for IDB projects: IDB Policy Brief. No. IDB-PB-184*. Inter-American Development Bank, Department of Research and Chief Economist.
- Minambiente. (2004). *Guía metodológica 1: Información básica para formulación de planes de ordenamiento territorial. Series Planes de ordenamiento territorial*. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Bogotá, D.C.: Obtenido de: <http://www.minvivienda.gov.co/POTPresentacionesGuias/Gu%C3%ADa%20Formulaci%C3%B3n%20Planes%20Ordenamiento.pdf>.
- Minambiente. (2014 b). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas -Pomcas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Minambiente. Bogotá, D.C.: Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/Guia-Tecnica-para-la-formulacion-de-planes-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas-POMCAS.pdf>.
- Minambiente. (2014 c). *Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -Minambiente. Obtenido de: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Plan-de-ordenamiento-del-Recurso-Hidrico/GUIA_TECNICA_PORH.pdf.
- Minambiente, Parques Nacionales Naturales, Cormacarena, CAR, & Corporinoquía. (s.f.). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Blanco - Negro - Guayuriba. Capítulo 3. Prospectiva río Blanco - Negro - Guayuriba*. Bogotá, D.C.: Obtenido de: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjduff67XJAhVDOyYKHe_VCsIQfgdMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.car.gov.co%2Findex.php%3Fidcategoria%3D3126%26download%3DY&usg=AFOjCNGKL1nUWBwk3IzReYa8vbM_Ob.
- MME. (2003). *Glosario técnico minero*. Ministerio de Minas y Energía -MME, Bogotá. Obtenido de: <http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>.
- Montes, C. (2013). *Actualización de la información sobre el consumo de agua en la minería del cobre al año 2012*. Ministerio de Minería, Comisión Chilena del Cobre -Cochilco, Dirección de Estudios. Santiago: Cochilco. Obtenido de: <http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/informes/agua/CONSUMO-DE-AGUA-EN-LA-MINERIA-DEL-COBRE-2012.pdf>.
- Noble, I., Huq, S., Anokhin, Y., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F., . . . Villamizar, A. (2014). *Adaptation needs and options*. In C. V. Field, : *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 833 - 868). Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (EE.UU): Cambridge

- University Press. Obtenido de: https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap14_FINAL.pdf.
- Patino, L. (2010). *Understanding Climate Change Adaptation and Adaptive capacity: Synthesis report*. Government of Canada, Ottawa, Canadá. Obtenido de: <http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/2010-0041-eng.pdf>.
- Pearce, T., Ford, J., Prno, J., & Duerden, F. (2009). *Climate change and Canadian mining: opportunities for adaptation*. Informe preparado para The David Suzuki Foundation, Montreal, Canadá. Obtenido de: http://www.davidsuzuki.org/publications/downloads/2009/Climate_Change_And_Canadian_Mining.pdf.
- Pérez, C.M. (2013). Cambio en el modelo de gestión, como estrategia para disminuir riesgos operativos. La experiencia de la Universidad de La Habana. In M. d. Santander, *Proyecto Gefies: Mejores prácticas de la gestión financiera en las instituciones de educación superior*. Obtenido de: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-329159_archivo_pdf_GEFIES6_2ConferencistaInternacional.pdf.
- Pittman, J., Pearce, T., & Ford, J. (2013). *Adaptation to climate change and potash mining in Saskatchewan: case study from the Qu'Appelle river watershed*. Report submitted to Climate Change Impacts and Adaptation Division, Natural Resources Canada. Obtenido de: http://www.arctic-north.com/wp-content/uploads/2012/09/saskatchewan_web.pdf.
- PNUD. (2010). *Evaluación del riesgo de desastres*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD. Nueva York: Obtenido de: http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/reduccion_del_riesgo_de_desastres.pdf.
- PWC, & CDP. (2011). *Materials sector report: covering global 500, S&P 500 and FTSE 350 respondent*. Obtenido de Carbon Discloser Project -CDP: <https://www.cdp.net/CDPResults/2011-G500-sector-report-materials.pdf>.
- RAE. (2014). *Diccionario de la lengua española: edición del tricentenario (23.a ed.)*. (Real Academia Española -RAE) Retrieved from <http://dle.rae.es/?id=WA5onlw>
- Rio-Tinto. (2012). *Rio Tinto's climate change position statement*. Obtenido de: http://www.riotinto.com/documents/ReportsPublications/corpPub_ClimatePosition.pdf.
- Rodgers, C., Sparling, E., Wiles, A., & Douglas, A. (2014). *Understanding mining policy drivers and barriers in the context of climate change impacts and adaptation*. Natural Resources Canada, Climate change impacts and adaptation division. Obtenido de: http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/AP049_MIRARCO_RSI_Mining_Policy_Report-Final.pdf.
- Sharma, V., van de Graaff, S., Loechel, B., & Franks, D. (2013 b). *Extractive resource development in a changing climate: learning the lessons from extreme weather events in Queensland*,

- Australia, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast. Final report.
- Siga, ACon, & Tau. (2013). *Implementación del procedimiento de evaluación de riesgos de sostenibilidad de la evaluación ambiental y social estratégica del plan nacional de hidrocarburos 2020: Volumen III*. Informe para la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH por la Unión temporal Siga Ingeniería y Consultoría, Ambiental Consultores y Tau Consultora Ambiental, Bogotá, D.C.
- Smithers, J., & Smit, B. (1997). Human adaptation to climatic variability and change. *Global environmental change*, 7(2), 129 - 146. Obtenido de: http://www.uwpcc.washington.edu/documents/PCC/smithers_smit_1997.pdf.
- Spilsbury, M., Norgbey, S., Carbon, M., Guerraggio, A., Piironen, T., & Spilsbury, M. (2011). *Formative evaluation of UNEP's programme of work 2010-2011*. United Nations Environment Programme - UNEP, Evaluation office. Nairobi, Kenia: Obtenido de: [http://www.unep.org/eou/Portals/52/Reports/UNEP-Formative%20Evaluation\(E\)%20Final%20.pdf](http://www.unep.org/eou/Portals/52/Reports/UNEP-Formative%20Evaluation(E)%20Final%20.pdf).
- Stafford, M., Horrocks, L., Harvey, A., & Hamilton, C. (2011). Rethinking adaptation for a 4 °C world. *Philosophical transactions of The Royal Society*, 369(1934), 196 - 216. Obtenido de: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/369/1934/196.full.pdf>.
- Sussman, F., & Freed, J. (2008). *Adapting to climate change: a business approach*. Informe preparado para el Centro Pew sobre cambio climático global. Arlington (VA). Obtenido de: <http://www.c2es.org/docUploads/Business-Adaptation.pdf>: Centro Pew sobre cambio climático.
- UPME. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo Minero 2007 - 2010: Gestión pública para propiciar la actividad minera*. Bogotá, Obtenido de: http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Nal_Des_Minero_2007_2010.pdf.
- UPME, & Proyección IB2. (2014). *Evaluar la situación actual y los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas de las ciudades de Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y Montería: Villavicencio*. Informe de consultoría, Informe de consultoría elaborado por el Consorcio Proyección IB2 para la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, Bogotá, D.C.
- Vives, S. (2010). *Cambio climático y minería: la hora de actuar es ahora*. Santiago, Chile: Sonami. Obtenido en: <http://www.sonami.cl/files/presentaciones/316/11.-%20Cambio%20Climatico%20y%20Mineria,%20la%20Hora%20de%20Actuar%20es%20Ahora.pdf>.
- Wall, E., & Marzall, K. (2006, agosto). Adaptive capacity for climate change in Canadian rural communities. (T. & Routledge, Ed.) *Local environment*, 11(4), 373 - 397 Obtenido de: http://nre.concordia.ca/_ftp2004/reports/Wall_and_Marzall_Aug_2006.pdf.
- Yulandhika, T., & Imroatul, M. (2014, Agosto 14). Mitigation and adaptation planning of climate change in East kalimantan: a critical review. (O. e. ACON-Miembro Grupo INERCO Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)-0850-112-V.001-diciembre/2015

Implementación de Mapas de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

http://www.researchgate.net/publication/265089823_Mitigation_and_Adaptation_Planing_of_Climate_Change_in_East_Kalimantan_A_Critical_Review, Ed.) *Procedia - Social and behavoiral sciences*(135), 64 - 69.