



olacde



Hoja de ruta para el fortalecimiento de inventarios y mitigación de emisiones de metano en Colombia



Ministerio de
Minas y Energía





Andrés Rebolledo
Secretario Ejecutivo

Gaston Siroit
Director del OEMLAC

Anabella Ruiz
Coordinadora del OEMLAC

Fernando Anaya
Consultor Especialista en Gas



Ministerio de Minas y Energía



María Nohemi Arboleda Arango
Ministra de Minas y Energía de Colombia

Armando Cuello Navarro
Viceministro de Energía

Germán Orlando León Duarte
Director de Hidrocarburos

Leonardo Augusto Tamayo Pérez
Coordinador de exploración y producción de Hidrocarburos

Ana Jazmín Medina Rangel
Profesional Técnico Dirección de Hidrocarburos

Mauricio Yañez Caycedo
Profesional Técnico Dirección de Hidrocarburos

Gabrielly Alejandra Balaguera Correa
Profesional internacionalista

Contenido

I. Introducción	4
II. Diagnóstico y enfoque de implementación	5
2.1. Brechas identificadas	5
2.2. Principios orientadores	7
2.3. Criterios para priorizar acciones	8
III. Ejes estratégicos de la hoja de ruta	9
3.1. Eje estratégico 1. Fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV	10
3.2. Eje estratégico 2. Mitigación de emisiones de metano	10
3.3. Eje estratégico 3. Condiciones habilitantes para la implementación	11
IV. Plan de acción	12
4.1. Fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV	13
4.2. Mitigación de emisiones de metano	17
4.3. Condiciones habilitantes para la implementación	21
4.4. Monitoreo de indicadores	24
V. Roles y coordinación para la implementación	24
5.1. Responsabilidades de los actores públicos	26
5.2. Responsabilidades de actores privados, técnicos y financieros	27
5.3. Coordinación para la implementación	28

I. Introducción

En el marco de sus compromisos climáticos y de la gestión sostenible del sector minero-energético, reducir emisiones de metano constituye una prioridad para Colombia. Particularmente los segmentos de hidrocarburos y minería del carbón concentran una parte importante de estas emisiones asociadas al sector energía, por lo que representan un frente estratégico para mejorar el soporte documental disponible, fortalecer los sistemas de seguimiento y avanzar en la implementación de medidas efectivas de mitigación.

La gestión del metano en estos sectores enfrenta dos desafíos estrechamente vinculados. El primero es mejorar la calidad, cobertura, trazabilidad y uso de la información con la que el país estima, reporta y contrasta sus emisiones. Contar con inventarios más robustos y sistemas de monitoreo, reporte y verificación más consistentes son condiciones necesarias para conocer con mayor precisión la magnitud, localización y evolución de las emisiones. El segundo reto es traducir esos antecedentes disponibles en decisiones y medidas de mitigación que sean técnica, regulatoria, institucional y operativamente viables.

Medición y mitigación forman parte de un mismo ciclo y pueden avanzar en paralelo cuando exista información suficiente para identificar una fuente, orientar una intervención y dar seguimiento a sus resultados. Una base de datos más sólida permite priorizar fuentes, construir líneas base, definir metas verificables y evaluar resultados con mayor precisión. A su vez, la implementación de medidas de mitigación genera información operativa que permite ajustar inventarios, mejorar metodologías y fortalecer los sistemas de seguimiento. Esta interacción entre información, decisión y acción constituye el punto de partida de la hoja de ruta.

En este contexto, el instrumento se plantea para ordenar una trayectoria de implementación gradual, diferenciada y verificable. Su propósito es definir una agenda nacional para fortalecer los inventarios y los sistemas de monitoreo, reporte y verificación de emisiones de metano, y orientar la implementación progresiva de medidas de mitigación en los sectores de hidrocarburos y minería del carbón en Colombia.

En el sector de hidrocarburos, la hoja de ruta abarca las emisiones de metano asociadas a la cadena de petróleo y gas natural, incluidas la exploración y producción, el transporte, el almacenamiento, la refinación y otros segmentos relevantes. En minería del carbón, las acciones se concentran en la explotación activa (subterránea y a cielo abierto), las minas abandonadas y las fuentes posteriores al cierre formal. Las etapas de exploración, construcción y montaje no se desarrollan como categorías independientes, aunque la información que generen podrá utilizarse para caracterizar fuentes, construir líneas base y definir responsabilidades futuras.

Las emisiones posteriores a la extracción, asociadas al manejo, procesamiento y transporte del carbón extraído son diferentes a las emisiones de minas abandonadas y las que persisten después del cierre formal. Una mina abandonada corresponde a una operación en la que cesó la explotación sin que necesariamente se haya completado el cierre; por lo tanto, las fuentes posteriores al cierre formal corresponden a emisiones que permanecen después de cumplir las obligaciones de cierre aplicables.

La implementación de la hoja de ruta se organiza en tres horizontes: corto plazo, correspondiente a 2027–2028; corto-mediano plazo, correspondiente a 2027–2029; y mediano plazo, correspondiente a 2028–2032. Además de esta introducción y de los anexos, el documento se organiza en cuatro secciones principales: diagnóstico y enfoque de implementación; ejes estratégicos; plan de acción; y roles y coordinación para la implementación.

II. Diagnóstico y enfoque de implementación

Esta sección presenta una síntesis del diagnóstico estratégico que orienta la hoja de ruta y del enfoque propuesto para su implementación. A partir de las brechas identificadas en el diagnóstico nacional y en el proceso participativo con actores públicos, privados y técnicos, se establecen los principales desafíos que limitan la gestión del metano en los sectores de hidrocarburos y minería del carbón. Sobre esta base, el apartado determina las brechas críticas que justifican el instrumento, define los principios orientadores para responder a esos desafíos y establece los criterios que permiten priorizar acciones de corto y mediano plazo.

2.1. Brechas identificadas

El diagnóstico reconoce un conjunto de brechas que limitan la capacidad del país para estimar, reportar, verificar y reducir emisiones de metano de manera consistente. La primera brecha se relaciona con la calidad, cobertura y uso de la información disponible. En el sector de hidrocarburos, el inventario requiere mayor representatividad, mejor desagregación por activo y fuente, y una cobertura más amplia a lo largo de la cadena, especialmente en segmentos distintos al *upstream*. Si bien varias empresas han avanzado en medición directa y en la generación de datos operativos, estos insumos aún no se integran de manera sistemática al inventario nacional ni a un esquema común de seguimiento.

En minería del carbón, la brecha presenta una naturaleza distinta. Aunque el sector cuenta con una base metodológica nacional, la estimación de emisiones depende en gran medida de factores promedio y de una cobertura limitada de medición operativa o de campo. En particular, el monitoreo de metano en minas subterráneas se asocia principalmente con la seguridad operacional y no con un sistema sectorial de medición, reporte y verificación de emisiones. En consecuencia, se requiere avanzar en protocolos, variables, metodologías y rutas de gestión de datos que permitan transformar la información operativa en insumos útiles para los inventarios, el MRV y las acciones de mitigación.

Una segunda limitación crítica corresponde a la articulación entre los sistemas de información, los reportes de los operadores y el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector minero-energético (MRVme). Este sistema, liderado por el MME y enmarcado en el PIGCCme 2050¹, da seguimiento a las emisiones y acciones de mitigación de los subsectores de generación eléctrica, petróleo y gas natural y minería. Su arquitectura proporciona un marco sectorial para organizar indicadores, consolidar información y hacer seguimiento a las metas climáticas. Sin embargo, la conexión entre los datos generados por los operadores, los registros sectoriales, el inventario nacional y los procesos de verificación aún presenta diferencias de cobertura, periodicidad, nivel de desagregación y control de calidad.

En hidrocarburos existen distintos canales para reportar información sobre fugas, quema, venteo, medición directa, líneas base y programas LDAR. La diversidad de formatos, periodicidades y criterios genera duplicidades, reprocesos y dificultades para consolidar y reutilizar los registros. En minería del carbón, el MRVme² contempla el

¹ Ministerio de Minas y Energía, Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético 2050.

² Cuantificación de emisiones de metano en minería de carbón y viabilidad de su implementación en el sistema de monitoreo, reporte y verificación del sector minero-energético colombiano. Universidad Nacional de Colombia (2025). Estudio preparado para POLEN Transiciones Justas.

seguimiento sectorial, pero todavía requiere una ruta operativa que conecte los datos de producción, ventilación, concentración de metano, caudales, mediciones de campo y condiciones de las minas con el reporte, la verificación y la actualización del inventario nacional. Esta integración debe definir variables mínimas, responsables, controles de calidad, niveles de agregación y mecanismos para preservar la confidencialidad de la información de los operadores.

El tercer desafío se relaciona con las condiciones institucionales y regulatorias. En hidrocarburos, aunque existe una base normativa y operativa más desarrollada, persisten desafíos en materia de coordinación institucional, armonización de requerimientos y ampliación de cobertura hacia segmentos menos desarrollados de la cadena. En minería del carbón, el marco para la gestión específica del metano todavía requiere definir obligaciones graduales, criterios de reporte y verificación, responsabilidades institucionales y condiciones para su gestión o aprovechamiento.

La implementación también debe considerar posibles modificaciones en la distribución de competencias institucionales. La hoja de ruta debe asignar responsabilidades con base en funciones institucionales (formulación de política, administración del recurso, generación e integración de información, regulación, licenciamiento, seguimiento y verificación). En este sentido, cuando se produzcan cambios formales de competencia, la matriz de responsabilidades deberá actualizarse sin interrumpir las funciones necesarias para implementar las acciones previstas.

En la minería subterránea de carbón, la presencia de explotaciones tradicionales, informales o en proceso de formalización agrega ciertas dificultades en la trazabilidad. Estas operaciones pueden quedar fuera de los registros consolidados, presentar capacidades técnicas y financieras limitadas y no contar con instrumentos suficientes para medir, reportar y gestionar sus emisiones. La incorporación de este segmento requiere una ruta diferenciada de asistencia técnica, generación de información y cumplimiento gradual, articulada con las dependencias del MME responsables de formalización minera, la ANM, las autoridades ambientales competentes y los actores territoriales. Los requerimientos de medición y reporte deberán adaptarse a la escala y condiciones de la operación, sin crear cargas que reduzcan la viabilidad de los procesos de formalización³.

En minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal, la intervención enfrenta brechas jurídicas e institucionales específicas. Antes de realizar mediciones, obras o proyectos de mitigación, se requiere determinar la titularidad y las condiciones de acceso al predio, la existencia o terminación del título minero y del instrumento ambiental, las obligaciones que subsistan para el antiguo titular y la autoridad competente para autorizar y supervisar la intervención. También debe definirse el régimen aplicable al metano remanente y la responsabilidad sobre su monitoreo, control o aprovechamiento cuando no exista un titular activo.

La condición de mina abandonada no implica por sí sola la configuración de un pasivo ambiental. Esta deberá determinarse mediante el procedimiento previsto en la Ley 2327 de 2023, que comprende la identificación, caracterización, evaluación del riesgo, declaración, registro, intervención y seguimiento. Cuando se configure un pasivo ambiental, su gestión deberá articularse con el Sistema de Información de Pasivos

³ Mitigación de emisiones de metano de la minería del carbón de Colombia. Hill Consulting y Polen Transiciones Justas (2025).

Ambientales, el Registro de Pasivos Ambientales y los planes de intervención evaluados por la autoridad ambiental competente.

A estas brechas de información, regulación y coordinación se suman limitaciones técnicas y de mercado que condicionan la implementación. En hidrocarburos ya se utilizan tecnologías y prácticas como campañas OGI/QOGI, mediciones *top-down* y programas LDAR; sin embargo, la oferta de proveedores especializados sigue siendo limitada y puede generar cuellos de botella, especialmente en activos de menor escala. En minería del carbón, la brecha es más estructural, dado que se requieren metodologías aplicables a distintos tipos de explotación, fortalecimiento de capacidades técnicas en entidades y operadores, infraestructura de medición, asistencia especializada y desarrollo de pilotos que permitan validar alternativas de mitigación.

Finalmente, la viabilidad económica y financiera constituye una brecha transversal para pasar del diagnóstico a la implementación. En hidrocarburos, algunas medidas pueden generar retornos económicos cuando existe posibilidad de recuperación o aprovechamiento del gas, mientras que otras presentan menores niveles de rentabilidad, mayores costos o restricciones en activos marginales. En minería del carbón, el reto es construir condiciones mínimas de bancabilidad mediante estudios, prefactibilidad, pilotos, líneas base y claridad sobre las condiciones jurídicas y económicas para el aprovechamiento o gestión del metano.

2.2. Principios orientadores

Las brechas identificadas muestran que la gestión del metano requiere algo más que una lista de medidas de mitigación. Para responder a estos desafíos, la hoja de ruta adopta tres principios orientadores: información confiable para la toma de decisiones, diferenciación sectorial e implementación progresiva. Estos principios permiten traducir el diagnóstico en una trayectoria de acción viable, ajustada a la realidad de cada sector y orientada a resultados verificables.

Figura 1. Ruta de acción



El principio de información confiable para la toma de decisiones responde a la necesidad de fortalecer inventarios, medición directa, trazabilidad, sistemas MRV e interoperabilidad de datos. Una base de información más sólida mejora la capacidad para priorizar fuentes, definir líneas base, orientar medidas de mitigación y verificar resultados, sin impedir la adopción de medidas tempranas cuando exista información suficiente.

Por su parte, el principio de diferenciación sectorial reconoce que los sectores de hidrocarburos y minería del carbón no parten del mismo nivel de madurez técnica, regulatoria y operativa. En hidrocarburos existe una base más desarrollada en materia regulatoria y de gestión, con experiencia en medición directa, programas LDAR, inventarios corporativos y reportes asociados a instrumentos regulatorios y estándares internacionales. En este contexto, es posible avanzar hacia la integración de datos y registros, la mejora metodológica, la interoperabilidad de sistemas y el escalamiento de medidas sobre fuentes priorizadas. En contraste, en minería del carbón la prioridad inicial

es consolidar metodologías, variables de medición, protocolos de reporte, pilotos, líneas base y capacidades institucionales antes de avanzar hacia obligaciones más exigentes o metas de reducción más amplias.

El principio de implementación progresiva establece una secuencia diferenciada según la madurez de la información, la relevancia de las fuentes y la viabilidad de intervención. Las acciones de medición, fortalecimiento institucional, desarrollo de capacidades y mitigación pueden ejecutarse en paralelo cuando existan condiciones suficientes para actuar. En los ámbitos con mayor incertidumbre, la prioridad inicial será caracterizar las fuentes, validar metodologías y desarrollar pilotos. En los ámbitos con información operativa disponible, podrán implementarse medidas tempranas mientras se fortalecen los inventarios y sistemas MRV. En minería del carbón, la prioridad inicial es consolidar metodologías, variables de medición, protocolos de reporte, líneas base y capacidades institucionales, mientras se implementan medidas tempranas en las fuentes donde exista información suficiente y condiciones de intervención.

2.3. Criterios para priorizar acciones

La priorización de acciones se basa en criterios que permiten ordenar la implementación de acuerdo con la relevancia de las fuentes, la calidad de los insumos disponibles, la madurez técnica y regulatoria, y la viabilidad de las medidas. Estos lineamientos buscan asegurar que la hoja de ruta avance de manera gradual, pero con capacidad de producir resultados verificables.

Figura 2. Criterios de priorización



El primer criterio es la relevancia de las fuentes de emisión. Las intervenciones deben concentrarse inicialmente en fuentes, activos, segmentos o tipos de explotación que representen una contribución significativa a las emisiones de metano, que presenten altos niveles de incertidumbre o que permitan mejorar de manera sustantiva la calidad del inventario y la capacidad de seguimiento.

La madurez de la información disponible es el segundo criterio. Las acciones deben diferenciar entre ámbitos donde ya existen datos suficientes para implementar medidas de mitigación y ámbitos donde se requiere medir, caracterizar, construir líneas base o validar metodologías.

Un tercer criterio es la viabilidad técnica y operativa. Las medidas deben ser compatibles con las condiciones reales de operación, la seguridad de procesos, la continuidad del servicio, la escala de los activos y la disponibilidad de tecnologías y proveedores.

El cuarto criterio es la capacidad institucional y regulatoria. Su implementación debe considerar si existen roles definidos, instrumentos aplicables, entidades con capacidad de seguimiento, rutas de reporte y criterios técnicos suficientes.

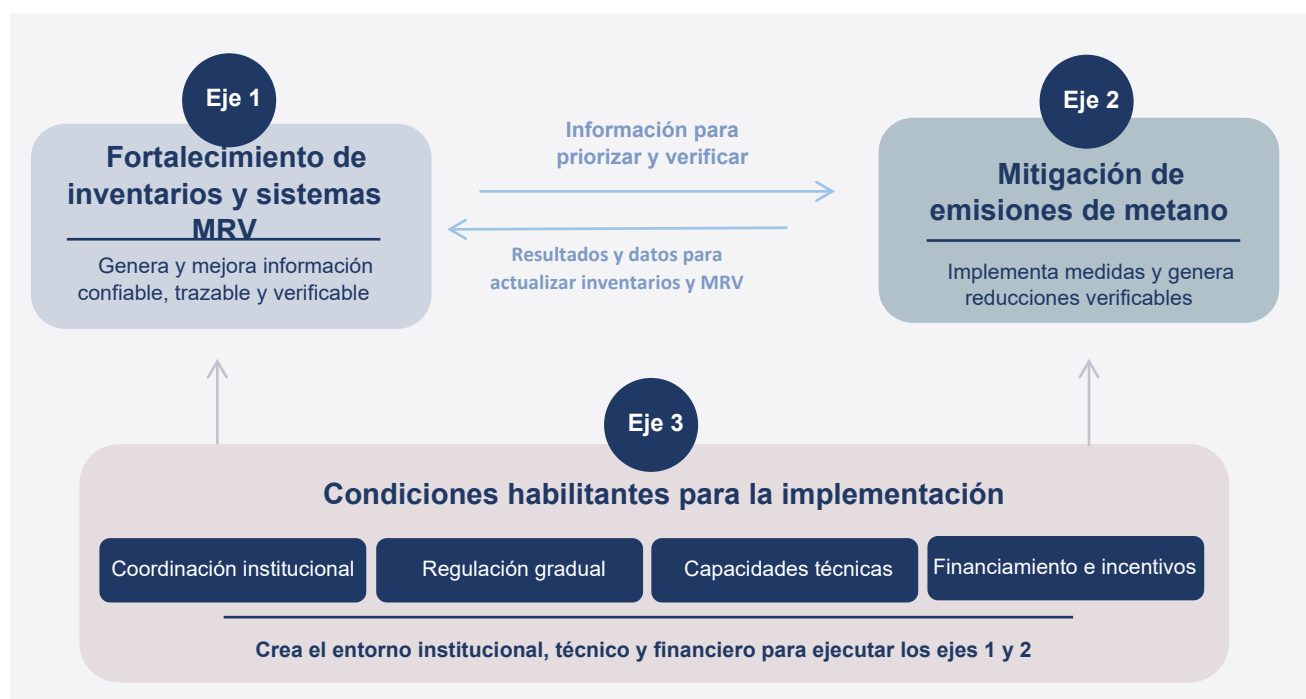
Como quinto criterio, corresponde contar con la viabilidad económica y financiera. En este ámbito las acciones deben distinguir entre medidas con retorno directo, medidas con alto beneficio ambiental pero menor rentabilidad, y acciones preparatorias que requieren apoyo público, cooperación, financiamiento climático o mecanismos de agregación.

Finalmente, la trazabilidad y verificabilidad constituyen criterios transversales. Bajo este principio, cada acción prioritaria debe generar información que pueda ser documentada, reportada, verificada y utilizada para actualizar inventarios, metas e indicadores de seguimiento.

III. Ejes estratégicos de la hoja de ruta

La hoja de ruta se organiza en tres ejes estratégicos que permiten traducir el diagnóstico en una agenda de implementación gradual, diferenciada y verificable. Los dos primeros ejes corresponden a los frentes sustantivos de intervención: el fortalecimiento de inventarios y sistemas de monitoreo, reporte y verificación, y la mitigación de emisiones de metano. El tercer eje reúne las condiciones habilitantes necesarias para que ambos puedan implementarse de manera coordinada y sostenida en el tiempo, como se observa en la figura a continuación.

Figura 3. Ejes estratégicos



3.1. Eje estratégico 1. Fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV

Este eje estratégico busca fortalecer la calidad, cobertura, trazabilidad e interoperabilidad de la información asociada a las emisiones de metano. Su función es consolidar una base técnica y robusta para estimar emisiones, identificar fuentes prioritarias, definir líneas base, orientar medidas de mitigación, establecer metas verificables y evaluar resultados de manera consistente.

El fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV permite reducir incertidumbres, priorizar fuentes y verificar los resultados de las intervenciones. Su consolidación no constituye una condición previa para iniciar medidas de mitigación cuando ya exista información operativa suficiente para identificar la fuente, establecer una referencia de emisiones y dar seguimiento a la intervención. En estos casos, la medición y la mitigación pueden avanzar en paralelo, y los datos obtenidos durante la implementación deben incorporarse progresivamente a los inventarios y sistemas MRV.

Asimismo, se recomienda evaluar la incorporación progresiva de tecnologías de monitoreo remoto, incluyendo observación satelital, campañas aéreas y metodologías de reconciliación entre mediciones *top-down* y *bottom-up*, con el propósito de complementar la medición directa en campo, fortalecer la verificación independiente de emisiones y mejorar la calidad de los inventarios y sistemas MRV sectoriales.

En el sector de hidrocarburos, las acciones se orientan a profundizar capacidades existentes, aprovechar los registros generados por operadores, incorporar medición directa y mejorar la integración de datos a lo largo de la cadena. En exploración y producción, el énfasis está en avanzar hacia inventarios más desagregados por activo y fuente, fortalecer la medición directa y mejorar la trazabilidad de los indicadores. En transporte y almacenamiento, la prioridad consiste en ampliar la cobertura metodológica y ordenar variables, formatos y rutas de reporte. Para refinación y otros segmentos, el foco inicial está en mejorar la caracterización de fuentes y asegurar que los insumos puedan integrarse de manera adecuada al inventario nacional y a los sistemas de seguimiento.

En minería del carbón, este eje sienta las bases para mejorar la estimación, el reporte y la gestión de las emisiones de metano. En la minería subterránea, la prioridad es transformar el monitoreo operativo de metano en información útil para estimar emisiones, mediante la integración de la concentración de metano y el caudal de ventilación. En la minería a cielo abierto, se requiere desarrollar criterios metodológicos para caracterizar las emisiones difusas y las condiciones operativas específicas. En minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal, el énfasis recae en identificar y caracterizar fuentes, definir criterios de estimación, asignar responsabilidades y establecer rutas de reporte.

3.2. Eje estratégico 2. Mitigación de emisiones de metano

El segundo eje estratégico orienta la reducción de emisiones de metano mediante rutas de intervención diferenciadas. Su implementación se articula con el fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV, pero no requiere esperar a que estos se encuentren plenamente consolidados. Las medidas pueden iniciarse cuando exista información suficiente para identificar y priorizar la fuente, establecer una referencia de emisiones, seleccionar una alternativa viable y dar seguimiento a los resultados. La información generada durante la ejecución debe incorporarse progresivamente a los inventarios y sistemas MRV.

En este contexto, la mitigación no se plantea como un conjunto uniforme de medidas aplicable indistintamente a todos los sectores. Por el contrario, el enfoque propuesto reconoce que las opciones de reducción dependen del tipo de fuente, la madurez de la información, la viabilidad técnica y económica, las condiciones operativas y la capacidad institucional para hacer seguimiento.

A medida que se consoliden las líneas base, la medición directa y los mecanismos de seguimiento, se deberá avanzar en la definición de metas cuantitativas de reducción de metano para los sectores de hidrocarburos y minería del carbón, con hitos para 2030 y 2035. Estas metas deberán sustentarse en inventarios actualizados, potenciales de reducción técnicamente verificables, análisis de costo y factibilidad, condiciones operativas y consistencia con la NDC y el PIGCCme 2050. La definición de metas deberá diferenciar los compromisos agregados de gases de efecto invernadero del sector minero-energético de las metas específicas aplicables al metano y a cada subsector. El PIGCCme establece una meta agregada de reducción de 11,2 Mt CO₂e para el sector minero-energético en 2030 y reconoce un potencial de reducción asociado a emisiones fugitivas, pero no fija una meta específica de metano diferenciada para hidrocarburos y minería del carbón.

Las acciones de mitigación en hidrocarburos pueden avanzar con mayor rapidez en los segmentos y fuentes donde existe mayor disponibilidad de información, una base regulatoria aplicable y capacidad operativa. En exploración y producción, la prioridad se concentra inicialmente en el control de fugas, la reducción de quema y el abordaje progresivo de venteos. En transporte y almacenamiento, el énfasis está en fortalecer la identificación y gestión de emisiones fugitivas, mejorar criterios de medición y avanzar gradualmente en medidas de reducción. Para refinación y otros segmentos, la prioridad inicial consiste en mejorar la caracterización de fuentes y definir medidas aplicables de acuerdo con su relevancia, factibilidad y potencial de reducción.

En cambio, en minería del carbón, la mitigación requiere una secuencia más progresiva. En minería subterránea, las acciones deben comenzar con procesos de medición, construcción de líneas base y desarrollo de pilotos que permitan evaluar opciones de drenaje, aprovechamiento, oxidación u otras alternativas técnicamente viables. Para la minería a cielo abierto, se requiere primero mejorar la caracterización de emisiones difusas antes de definir medidas escalables. Por su parte, en minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal, la ruta de intervención debe iniciar con actividades de identificación, caracterización y estimación de emisiones, para posteriormente evaluar opciones de gestión o aprovechamiento considerando responsabilidades institucionales, condiciones técnicas y viabilidad económica.

3.3. Eje estratégico 3. Condiciones habilitantes para la implementación

El tercer eje estratégico integra las condiciones institucionales, regulatorias, técnicas y financieras necesarias para viabilizar la implementación de los dos ejes anteriores. Su función es asegurar que la hoja de ruta no se limite a identificar acciones, sino que cuente con los arreglos, capacidades e instrumentos necesarios para llevarlas a la práctica.

Aunque estas condiciones habilitantes tienen un carácter transversal, su aplicación varía según los niveles de cada sector. En hidrocarburos, el énfasis se centra en armonizar requerimientos, reducir duplicidades de reporte, ampliar la cobertura regulatoria hacia segmentos menos desarrollados, fortalecer la interoperabilidad de la información y mejorar la disponibilidad de proveedores especializados. En minería del carbón, en cambio, las

prioridades se orientan a construir capacidades básicas, definir roles institucionales, desarrollar protocolos, diseñar esquemas regulatorios graduales, financiar estudios y pilotos, y crear condiciones para que futuras medidas de mitigación puedan ser técnica y económicamente viables.

Para organizar estas acciones, el eje se estructura en cuatro ámbitos habilitantes. El primero corresponde a la coordinación institucional y la definición clara de responsabilidades, necesarias para ordenar responsabilidades, canales de interacción y rutas de reporte. El segundo aborda la construcción de una regulación gradual y consistente, orientada a ajustar requerimientos a la madurez de cada sector y evitar duplicidades o exigencias desproporcionadas. El tercero se enfoca en el fortalecimiento de capacidades técnicas y el mercado de proveedores, elementos indispensables para sostener procesos de medición, validación, reporte y mitigación. Finalmente, el cuarto ámbito se relaciona con mecanismos de financiamiento e incentivos destinados a facilitar estudios, pilotos, proyectos y medidas con brechas de rentabilidad o altos costos iniciales.

IV. Plan de acción

El plan operativo traduce los ejes estratégicos de la hoja de ruta en acciones específicas. Su propósito es ordenar qué debe hacerse, en qué sector o subsector aplica, qué producto se espera obtener, en qué horizonte temporal debe avanzar y cómo se dará seguimiento a los resultados.

La organización del plan sigue la arquitectura definida en la sección anterior. El eje 1 agrupa las acciones orientadas al fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV. El 2 organiza las acciones de mitigación de emisiones de metano. Finalmente, el 3 identifica las condiciones habilitantes necesarias para implementar y sostener los dos ejes anteriores.

Estas matrices se presentan por eje estratégico y diferencian las acciones según sector, subsector o tipo de fuente. Cada matriz incluye acciones de corto a mediano plazo. El corto plazo corresponde al periodo 2027–2028 y se orienta a acciones de preparación, definición metodológica, coordinación institucional y puesta en marcha. El corto-mediano plazo corresponde al periodo 2027–2029 y reúne acciones de consolidación temprana, pilotos, armonización de información y fortalecimiento de capacidades. El mediano plazo corresponde al periodo 2028–2032 y se enfoca en ampliación de cobertura, interoperabilidad, escalamiento de medidas y verificación de resultados. Bajo estos horizontes de tiempo, la implementación se organiza en dos niveles de prioridad. La prioridad alta corresponde a acciones indispensables para iniciar la implementación y la prioridad media agrupa acciones de consolidación.

Para la minería del carbón, la secuencia de implementación deberá considerar también los requerimientos emergentes de los mercados de destino. En particular, las operaciones vinculadas al suministro de carbón al mercado de la Unión Europea deberán priorizar, dentro del periodo 2027–2029, la generación de información verificable a nivel de productor y mina, la definición de metodologías de medición y la capacidad de calcular la intensidad de metano. Esta priorización responde a que, a partir del 1 de enero de 2027, los importadores europeos deberán demostrar la equivalencia de las medidas de seguimiento, notificación y verificación aplicadas a los productos suministrados bajo determinados contratos, y desde agosto de 2028 deberán reportar la intensidad de metano de los productos comercializados en la Unión⁴.

⁴ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (UE) 2024/1787, arts. 27–30, pp. 36–40

Estos requerimientos no constituyen obligaciones directamente aplicables en Colombia, pero pueden convertirse en condiciones de acceso, permanencia y competitividad en ese mercado.

Para facilitar la trazabilidad entre acciones, productos, responsables, indicadores y priorización, cada acción del plan operativo cuenta con un código de identificación. Los códigos se organizan por eje estratégico: IM para acciones de inventarios y MRV, MT para acciones de mitigación y HB para condiciones habilitantes.

4.1. Fortalecimiento de inventarios y sistemas MRV

El eje 1 se implementa a través de tres líneas de acción: inventarios y factores de emisión; medición directa y trazabilidad; y arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad. Para cada sector, se presentan las acciones específicas, los productos esperados, el horizonte de implementación, prioridad y los indicadores de seguimiento. Las campañas de medición podrán complementarse, cuando sea técnicamente pertinente, con observación satelital, campañas aéreas y metodologías de reconciliación entre mediciones *top-down* y *bottom-up*.

4.1.1 Hidrocarburos

Tabla 1. Matriz de inventarios: Hidrocarburos

Subsector	Línea de acción	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
Exploración y producción	Inventarios y factores de emisión	IM-01. Revisar los criterios de estimación e incorporar información generada por los operadores para desarrollar inventarios desagregados por activo y fuente, priorizando aquellos con mayor contribución estimada, incertidumbre o potencial de mitigación.	Criterios de estimación revisados e inventarios desagregados para activos y fuentes priorizados, con incertidumbre y calidad de los datos documentadas.	2027–2028	Alta	N.º y porcentaje de activos o fuentes priorizados con inventario desagregado y evaluación documentada de la calidad e incertidumbre de los datos.
	Medición directa y trazabilidad	IM-02. Ejecutar campañas y visitas de campo para ampliar la medición directa en activos y fuentes priorizados, incluyendo fugas, quema y venteo. Cuando sea técnicamente pertinente, las campañas deberán combinar mediciones a nivel de fuente y de emplazamiento y aplicar procedimientos de reconciliación y control de calidad.	Campañas de medición directa completadas y registros validados, trazables y vinculados con el activo y la fuente correspondiente.	2027–2029	Alta	% de activos priorizados con al menos una campaña de medición directa completada.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-03. Armonizar variables, formatos y flujos de reporte asociados a fugas, quema, venteo, líneas base y programas LDAR.	Flujo de reporte armonizado para información operativa y de seguimiento.	2027–2029	Alta	N.º de variables prioritarias reportadas mediante formatos armonizados y controles de calidad definidos.
Transporte	Inventarios y factores de emisión	IM-04. Definir criterios metodológicos para mejorar la estimación de emisiones fugitivas en infraestructura de transporte.	Criterios metodológicos y variables mínimas para transporte.	2027–2028	Alta	N.º de tipos de activos o fuentes de transporte cubiertos por los criterios definidos.
	Medición directa y trazabilidad	IM-05. Ejecutar campañas de medición directa y	Campañas o registros de	2028–2032	Media	N.º y % de activos de transporte priorizados con

Subsector	Línea de acción	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		levantamiento de información en infraestructura de transporte priorizada, con registros vinculados al activo, la fuente y las condiciones operativas.	medición en activos de transporte.			campana de medición completada.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-06. Integrar la información del segmento de transporte a los flujos sectoriales de reporte y seguimiento.	Información de transporte incorporada al esquema MRV sectorial.	2028–2032	Media	N.º y % de variables prioritarias del segmento de transporte integradas y validadas en el MRVme.
Almacenamiento	Inventarios y factores de emisión	IM-07. Caracterizar fuentes de emisión en instalaciones y operaciones de almacenamiento.	Inventario preliminar de fuentes y criterios de estimación para almacenamiento.	2027–2029	Alta	N.º y % de instalaciones priorizadas con fuentes identificadas, caracterizadas y asociadas a un criterio de estimación.
	Medición directa y trazabilidad	IM-08. Ejecutar visitas de campo, mediciones directas o levantamientos técnicos en instalaciones de almacenamiento priorizadas.	Registros de medición o caracterización en activos de almacenamiento.	2028–2032	Media	N.º y % de instalaciones priorizadas con visita o campaña completada.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-09. Incorporar la información de almacenamiento a los flujos de reporte e inventario sectorial.	Variables de almacenamiento integradas al sistema de reporte.	2028–2032	Media	N.º de variables prioritarias de almacenamiento integradas al MRVme con controles de calidad definidos.
Refinación	Inventarios y factores de emisión	IM-10. Revisar criterios de estimación aplicables a fuentes de metano en refinación.	Criterios metodológicos ajustados para fuentes de refinación.	2027–2029	Alta	N.º y % de tipos de fuente de refinación con criterios de estimación revisados y documentados.
	Medición directa y trazabilidad	IM-11. Ejecutar mediciones o campañas de caracterización en fuentes relevantes de refinación, priorizadas según su contribución estimada, incertidumbre y potencial de reducción.	Registros verificables de fuentes priorizadas en refinación.	2028–2032	Media	N.º y porcentaje de fuentes priorizadas de refinación con medición o caracterización documentada y trazable.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-12. Incorporar datos de refinación a un esquema de reporte consistente e interoperable.	Información de refinación integrada al inventario y MRV sectorial.	2028–2032	Media	N.º de variables prioritarias de refinación integradas y validadas en el inventario y el MRVme.
Otros segmentos relevantes	Inventarios y factores de emisión	IM-13. Identificar fuentes no suficientemente cubiertas y definir criterios metodológicos proporcionales.	Mapa preliminar de fuentes y criterios de estimación para segmentos adicionales.	2027–2029	Alta	N.º de segmentos adicionales evaluados y fuentes identificadas con criterio de estimación definido.
	Medición directa y trazabilidad	IM-14. Ejecutar levantamientos de información, visitas de campo y mediciones en fuentes con menor cobertura, priorizadas según su relevancia,	Información inicial trazable para fuentes no cubiertas.	2028–2032	Media	N.º de fuentes adicionales con visita o levantamiento completado y registros verificables incorporados al sistema sectorial.

Subsector	Línea de acción	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		incertidumbre y potencial de mitigación.				
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-15. Incorporar progresivamente otros segmentos al sistema de información sectorial.	Segmentos adicionales integrados al esquema de reporte.	2028–2032	Media	N.º de segmentos adicionales incorporados al MRVme.

4.1.2 Minería del carbón

Tabla 2. Matriz de inventarios: Carbón⁵

Tipo de fuente / explotación	Línea de acción	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
Minería subterránea	Inventarios y factores de emisión	IM-16. Definir protocolos para estimar emisiones a partir de condiciones reales de operación, integrando concentración de metano y caudal de ventilación.	Protocolo metodológico para estimación de emisiones en minería subterránea.	2027–2028	Alta	Protocolo aprobado y N.º de minas subterráneas que lo aplican con información validada.
	Medición directa y trazabilidad	IM-17. Implementar pilotos de medición y reporte en minas subterráneas priorizadas.	Pilotos de medición con datos trazables y variables documentadas.	2027–2029	Alta	N.º de minas subterráneas piloto con medición y reporte implementados.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-18. Definir variables, formatos, responsables, controles de calidad, procedimientos de validación y verificación, y rutas de reporte para conectar el monitoreo operativo de las minas subterráneas con el MRVme y el inventario nacional.	Protocolo de reporte, control de calidad y verificación para minería subterránea, con variables, responsables y flujo de integración al MRVme definidos.	2027–2029	Alta	Protocolo aprobado.
Minería a cielo abierto	Inventarios y factores de emisión	IM-19. Desarrollar criterios metodológicos para caracterizar emisiones difusas y condiciones operativas específicas.	Criterios metodológicos para emisiones de minería a cielo abierto.	2027–2029	Media	N.º de criterios metodológicos definidos para cielo abierto.
	Medición directa y trazabilidad	IM-20. Realizar campañas de caracterización o levantamiento de información en operaciones priorizadas.	Información inicial sobre fuentes difusas y condiciones operativas.	2028–2032	Media	N.º y % de operaciones priorizadas con campaña de campo completada, resultados documentados y reporte validado.

⁵ La matriz diferencia cuatro categorías: minería subterránea activa, minería a cielo abierto activa, minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal. Esta clasificación responde a las diferencias en los mecanismos de emisión, la información disponible y las responsabilidades aplicables. Las minas abandonadas y las fuentes posteriores al cierre formal se presentan como categorías distintas, dado que el abandono de una operación no implica necesariamente que se haya ejecutado o concluido un proceso de cierre.

	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-21. Establecer variables, formatos, controles de calidad, procedimientos de validación y verificación, y rutas de reporte adaptadas a las emisiones difusas de la minería a cielo abierto y a su integración al MRVme.	Protocolo de reporte y verificación para emisiones difusas de minería a cielo abierto, con metodología, variables y flujo de integración al MRVme definidos.	2028–2032	Media	Protocolo aprobado.
Minas abandonadas	Inventarios y factores de emisión	IM-22. Identificar y caracterizar fuentes de emisión asociadas a minas abandonadas.	Registro de minas abandonadas y criterios de estimación.	2027–2029	Alta	N.º de minas abandonadas evaluadas y sitios priorizados con caracterización documentada.
	Medición directa y trazabilidad	IM-23. Realizar campañas de caracterización y medición en sitios priorizados.	Líneas base de emisiones en minas abandonadas.	2028–2032	Media	N.º de minas abandonadas priorizadas con medición validada y línea base construida.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-24. Definir responsabilidades institucionales, controles de calidad, procedimientos de validación y verificación, y rutas de reporte para integrar la información de minas abandonadas al MRVme, al inventario nacional y, cuando corresponda, a los sistemas de información sobre pasivos ambientales.	Ruta institucional de reporte y verificación para minas abandonadas, articulada con el MRVme y con los instrumentos ambientales aplicables.	2028–2032	Media	Ruta institucional aprobada.
Fuentes posteriores al cierre formal	Inventarios y factores de emisión	IM-25. Definir criterios de estimación para emisiones posteriores al cierre formal y mejorar su cobertura en inventarios.	Criterios metodológicos para fuentes posteriores al cierre formal.	2027–2029	Alta	N.º de fuentes posteriores al cierre formal con estimación de emisiones documentada.
	Medición directa y trazabilidad	IM-26. Desarrollar mediciones que permitan verificar la magnitud y evolución de emisiones posteriores al cierre formal.	Registros trazables de emisiones posteriores al cierre formal.	2028–2032	Media	N.º de fuentes posteriores al cierre formal con al menos dos mediciones comparables y análisis documentado de la evolución de sus emisiones.
	Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad	IM-27. Establecer responsables, controles de calidad, procedimientos de validación y verificación, y mecanismos de reporte y seguimiento para incorporar las fuentes	Mecanismo de reporte, verificación y seguimiento para fuentes posteriores al cierre formal, con	2028–2032	Media	N.º de fuentes posteriores al cierre formal con información validada e incorporada al MRVme o al

	posteriores al cierre formal al MRVme y al inventario nacional.	responsables y flujo de integración al MRVme definidos.	sistema de seguimiento aplicable.
--	---	---	-----------------------------------

4.2. Mitigación de emisiones de metano

Las acciones del eje 2 se estructuran a partir de rutas de mitigación diferenciadas por sector, subsector y tipo de fuente. En hidrocarburos, las medidas se concentran en el control de fugas, la reducción de la quema, el abordaje progresivo de los venteos y la ampliación hacia segmentos menos cubiertos de la cadena. En minería del carbón, el enfoque comprende la construcción de líneas base, la implementación de pilotos, la elaboración de estudios de factibilidad, la validación tecnológica y el escalamiento progresivo de medidas.

Las tablas 3 y 4 presentan las acciones, productos, horizontes, prioridades e indicadores correspondientes a cada sector.

4.2.1 Hidrocarburos

Tabla 3. Matriz de mitigación: Hidrocarburos

Subsector	Ruta de mitigación	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
Exploración y producción	Control de fugas	MT-01. Fortalecer e implementar programas LDAR o equivalentes en activos y fuentes priorizados, definiendo cobertura, frecuencia de inspección, métodos de detección y cuantificación, plazos de reparación, verificación posterior y trazabilidad de los registros.	Programas LDAR implementados en activos priorizados, con cobertura, frecuencia, reparación y verificación posterior documentadas.	2027–2028	Alta	% de activos o fuentes priorizadas con programas LDAR en operación, % de fugas reparadas dentro del plazo definido y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año
		MT-02. Priorizar e intervenir fuentes fugitivas de mayor relevancia con base en medición directa, inventarios desagregados e inspecciones, y realizar una verificación posterior para confirmar la reducción o eliminación de la emisión.	Fuentes fugitivas prioritarias intervenidas, con mediciones o estimaciones anteriores y posteriores y resultado documentado.	2027–2029	Alta	N.º de fuentes fugitivas prioritarias intervenidas y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año.
	Reducción de quema	MT-03. Identificar y cuantificar las fuentes de quema, construir una línea base y evaluar alternativas de gestión operativa, reducción o aprovechamiento del gas asociado.	Fuentes de quema prioritarias con línea base, evaluación técnica y económica y potencial de reducción documentado.	2027–2028	Alta	N.º de fuentes de quema con línea base y evaluación completadas, y potencial anual de reducción de CH ₄ estimado.
		MT-04. Implementar medidas de reducción o aprovechamiento en fuentes de quema con viabilidad demostrada, asegurando que la disminución de la quema no produzca un aumento del venteo.	Medidas implementadas en fuentes de quema prioritarias, con seguimiento del gas recuperado, aprovechado,	2028–2032	Media	N.º de fuentes con medidas implementadas, volumen anual de gas recuperado o aprovechado y toneladas de CH ₄ reducidas o

Subsector	Ruta de mitigación	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
	Abordaje progresivo de venteos		quemado y venteado.			evitadas sin desplazamiento al venteo.
		MT-05. Identificar, medir o estimar las fuentes de venteo, construir líneas base y desarrollar evaluaciones técnicas y económicas para definir opciones de prevención, reducción, recuperación o aprovechamiento.	Fuentes de venteo caracterizadas, con línea base, potencial de reducción y alternativas evaluadas.	2027–2029	Alta	N.º de fuentes de venteo con línea base y evaluación completadas, y potencial anual de reducción de CH ₄ estimado.
		MT-06. Adoptar e implementar planes progresivos de prevención, reducción o gestión de venteos en fuentes priorizadas, considerando la seguridad de los procesos y la viabilidad operativa.	Planes implementados en fuentes de venteo priorizadas, con resultados de seguimiento documentados.	2028–2032	Media	N.º de fuentes con plan implementado y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año respecto de la línea base.
Transporte	Control de emisiones fugitivas	MT-07. Realizar inspecciones y mediciones en infraestructura de transporte para identificar, cuantificar y priorizar fuentes fugitivas, incluyendo puntos críticos de operación y mantenimiento.	Fuentes fugitivas de transporte identificadas, cuantificadas y priorizadas mediante criterios documentados.	2027–2029	Alta	N.º de activos inspeccionados, de fuentes cuantificadas y potencial anual de reducción de CH ₄ .
		MT-08. Implementar medidas de detección, reparación, mantenimiento o sustitución en infraestructura priorizada y verificar su desempeño después de la intervención.	Medidas de control implementadas y verificadas en activos de transporte priorizados.	2028–2032	Media	% de activos priorizados intervenidos y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año.
	Gestión operativa	MT-09. Incorporar criterios de prevención y reducción de emisiones de metano en procedimientos de O&M y contingencia.	Procedimientos operativos ajustados para gestión de emisiones.	2028–2032	Media	N.º de procedimientos adoptados y % de activos priorizados que aplican los criterios de prevención y reducción.
Almacenamiento	Caracterización y control de fuentes	MT-10. Realizar visitas, inspecciones y mediciones en instalaciones de almacenamiento para identificar y cuantificar fuentes relevantes y priorizar medidas de control.	Fuentes de almacenamiento identificadas, cuantificadas y priorizadas, con potencial de reducción estimado.	2027–2029	Alta	N.º de instalaciones evaluadas, de fuentes cuantificadas y potencial anual de reducción de CH ₄ .
	Control de emisiones fugitivas	MT-11. Implementar medidas de detección, mantenimiento, reparación o sustitución en instalaciones priorizadas y verificar su desempeño después de la intervención.	Medidas de control implementadas y verificadas en instalaciones de almacenamiento.	2028–2032	Media	N.º y % de instalaciones priorizadas intervenidas y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año.
Refinación	Caracterización y priorización	MT-12. Realizar inspecciones y mediciones para caracterizar fuentes de metano en refinación, cuantificar su relevancia y	Fuentes de refinación caracterizadas y cuantificadas, con medidas y	2027–2029	Alta	N.º de fuentes caracterizadas y cuantificadas y potencial anual

Subsector	Ruta de mitigación	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		definir medidas según el tipo de fuente, la viabilidad y el potencial de reducción.	potenciales de reducción priorizados.			de reducción de CH ₄ .
	Control de fuentes priorizadas	MT-13. Implementar medidas de control, mantenimiento, reparación o reducción en fuentes de metano priorizadas y verificar los resultados después de la intervención.	Medidas de mitigación implementadas y verificadas en fuentes priorizadas de refinación.	2028–2032	Media	% de fuentes priorizadas intervenidas y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año.
Otros segmentos relevantes	Identificación de oportunidades	MT-14. Identificar y caracterizar fuentes o actividades no suficientemente cubiertas, estimar su contribución y potencial de reducción y priorizar aquellas que requieran medición o intervención.	Mapa de oportunidades de mitigación en segmentos adicionales, con fuentes, magnitud estimada y potencial de reducción documentados.	2027–2029	Alta	N.º de segmentos evaluados, N.º de fuentes prioritarias identificadas y potencial anual de reducción de CH ₄ .
	Escalamiento gradual	MT-15. Implementar progresivamente medidas de mitigación en segmentos adicionales que cuenten con información suficiente, línea base y viabilidad de intervención demostrada.	Medidas de mitigación implementadas y monitoreadas en segmentos adicionales priorizados.	2028–2032	Media	N.º de segmentos con medidas implementadas y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año.

4.2.2 Minería del carbón

Tabla 4. Matriz de mitigación: Carbón

Tipo de fuente / explotación	Ruta de mitigación	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
Minería subterránea	Construcción de líneas base	MT-16. Construir líneas base de emisiones a partir de medición directa, concentración de metano, caudal de ventilación y condiciones operativas.	Líneas base documentadas para minas subterráneas priorizadas.	2027–2028	Alta	N.º y % de minas subterráneas priorizadas con línea base aprobada.
	Pilotos y validación técnica	MT-17. Seleccionar e implementar pilotos de drenaje, captura, aprovechamiento, oxidación u otras alternativas, con base en líneas base documentadas y una evaluación preliminar de su viabilidad técnica, económica, regulatoria, ambiental, social y de seguridad.	Pilotos de mitigación seleccionados mediante evaluación preliminar, implementados y documentados, con resultados técnicos, económicos, sociales y de reducción de emisiones.	2027–2029	Alta	N.º de pilotos implementados con línea base, evaluación preliminar y resultados de reducción documentados.
	Estudios de factibilidad	MT-18. Evaluar la factibilidad técnica, económica, regulatoria, ambiental, social, laboral y de seguridad de los proyectos de reducción de metano, considerando las características de la	Estudios integrales de factibilidad para proyectos priorizados, con recomendación sobre su implementación, ajuste o descarte.	2027–2029	Media	N.º de estudios integrales de factibilidad completados.

Tipo de fuente / explotación	Ruta de mitigación	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		operación y los actores potencialmente afectados.				
	Escalamiento gradual	MT-19. Escalar medidas de mitigación en operaciones que cuenten con línea base, validación técnica, factibilidad integral y un mecanismo de seguimiento que permita cuantificar y verificar las reducciones obtenidas.	Medidas de mitigación escaladas en minas priorizadas, con seguimiento de emisiones y reducciones verificadas frente a la línea base.	2028–2032	Media	N.º de medidas escaladas y toneladas de CH ₄ reducidas o evitadas por año, verificadas respecto de la línea base.
Minería a cielo abierto	Caracterización de emisiones difusas	MT-20. Caracterizar emisiones difusas y fuentes relevantes en operaciones a cielo abierto priorizadas.	Campañas de campo ejecutadas y fuentes difusas caracterizadas en operaciones priorizadas.	2027–2029	Alta	N.º de operaciones a cielo abierto priorizadas y caracterizadas.
	Construcción de líneas base	MT-21. Construir líneas base para fuentes o segmentos seleccionados, según metodologías validadas.	Líneas base para operaciones o fuentes a cielo abierto priorizadas.	2028–2032	Media	N.º y porcentaje de operaciones a cielo abierto priorizadas con línea base construida y validada.
	Evaluación de alternativas	MT-22. Evaluar comparativamente opciones de gestión o mitigación para emisiones difusas, considerando su viabilidad técnica, económica, regulatoria, ambiental, social, laboral y de seguridad, así como las condiciones operativas y territoriales de cada operación.	Evaluación comparativa de alternativas de mitigación para fuentes difusas, con recomendación de las opciones aplicables por tipo de operación.	2028–2032	Media	N.º de operaciones con alternativas evaluadas mediante criterios integrales.
Minas abandonadas	Identificación y caracterización	MT-23. Identificar y priorizar minas abandonadas para su caracterización, considerando el potencial de emisiones, la ubicación, las condiciones de acceso y seguridad, la situación jurídica del predio y la existencia de responsables identificados.	Registro priorizado de minas abandonadas, con criterios técnicos, jurídicos, ambientales y de acceso documentados.	2027–2028	Alta	N.º de minas abandonadas identificadas y priorizadas.
	Medición y líneas base	MT-24. Realizar visitas de campo, mediciones directas y actividades de caracterización en minas abandonadas priorizadas para construir líneas base de emisiones y documentar las condiciones físicas y de seguridad del sitio.	Líneas base de emisiones y fichas de caracterización de las minas abandonadas priorizadas.	2027–2029	Media	N.º de minas abandonadas con visita de campo, medición documentada y línea base construida.
	Evaluación de gestión o aprovechamiento	MT-25. Evaluar opciones de gestión, aprovechamiento, control o mitigación de emisiones en	Evaluación integral de opciones de gestión o mitigación para minas abandonadas	2028–2032	Media	N.º de minas abandonadas con evaluación

Tipo de fuente / explotación	Ruta de mitigación	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		minas abandonadas, considerando la viabilidad técnica y económica, las condiciones regulatorias y ambientales, la seguridad, el acceso al predio, la asignación de responsabilidades y los posibles efectos sociales, laborales y territoriales.	priorizadas, con recomendación sobre su viabilidad y las condiciones requeridas para su implementación.			integral completada.
Fuentes posteriores al cierre formal	Caracterización y seguimiento	MT-26. Identificar y caracterizar fuentes de emisión que persistan después del cierre formal, incluyendo su magnitud, evolución, condición física y responsabilidades de gestión.	Registro priorizado de fuentes posteriores al cierre formal, con ubicación, condición física, situación jurídica, magnitud estimada de emisiones, condiciones de acceso y responsabilidades identificadas cuando corresponda.	2027–2029	Alta	N.º de fuentes evaluadas y de fuentes priorizadas.
	Construcción de líneas base	MT-27. Construir líneas base para fuentes posteriores al cierre formal priorizadas.	Líneas base de emisiones para fuentes posteriores al cierre formal priorizadas.	2028–2032	Media	N.º de fuentes priorizadas con línea base aprobada y condiciones de seguimiento definidas.
	Gestión progresiva de emisiones	MT-28. Definir medidas de seguimiento, control, mitigación o aprovechamiento para las emisiones que persistan después del cierre formal.	Planes de seguimiento, control, mitigación o aprovechamiento formulados para fuentes posteriores al cierre formal priorizadas.	2028–2032	Media	N.º de fuentes posteriores al cierre formal con medidas o planes definidos.

4.3. Condiciones habilitantes para la implementación

La Tabla 5 traduce el Eje 3 en acciones de coordinación institucional, regulación, capacidades técnicas y financiamiento. La columna “Sector/alcance y aplicación principal” identifica si cada acción se orienta al MRV, a la mitigación o a ambos.

Tabla 5. Matriz de condiciones habilitantes

Ámbito habilitante	Sector / alcance (aplicación)	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
Coordinación institucional y claridad de roles	Transversal (MRV y mitigación)	HB-01. Definir y validar los roles institucionales para la gestión del metano, diferenciando las funciones de orientación sectorial, regulación, administración del recurso, generación e integración de información, verificación, licenciamiento o seguimiento ambiental y coordinación con el inventario nacional.	Esquema funcional de roles y coordinación institucional definido y validado para la implementación de la hoja de ruta.	2027–2028	Alta	Esquema funcional aprobado.
	Hidrocarburos (MRV)	HB-02. Armonizar los canales de coordinación y los flujos de información entre entidades	Flujo armonizado de coordinación, reporte, validación	2027–2028	Alta	N.º de flujos de reporte

Ámbito habilitante	Sector / alcance (aplicación)	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		sectoriales, ambientales y operadores para reducir duplicidades en los reportes de fugas, quema, venteo, medición directa y programas LDAR, y definir su validación, verificación e integración al MRVme y al inventario nacional.	y verificación para la información de metano en hidrocarburos.			armonizados o integrados.
	Minería del carbón (MRV)	HB-03. Definir una ruta institucional diferenciada para conectar la medición y el monitoreo operativo con el reporte, la verificación, el MRVme y el inventario nacional en minería subterránea, minería a cielo abierto, minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal.	Ruta institucional diferenciada de reporte, verificación y seguimiento para minería del carbón, articulada con el MRVme, el inventario nacional y los instrumentos ambientales aplicables.	2027–2028	Alta	Ruta institucional aprobada.
Regulación gradual y consistente	Transversal (MRV y mitigación)	HB-04. Revisar la consistencia, complementariedad y posibles duplicidades entre los instrumentos regulatorios, técnicos, ambientales y de reporte relacionados con inventarios, MRV y mitigación de metano, identificando los ajustes requeridos para su aplicación diferenciada.	Diagnóstico de consistencia regulatoria, técnica y ambiental, con brechas, duplicidades y ajustes priorizados.	2027–2028	Alta	N.º de instrumentos revisados, N.º de brechas o duplicidades identificadas y N.º de ajustes priorizados.
	Hidrocarburos (MRV)	HB-05. Armonizar criterios técnicos y regulatorios para medición, reporte, verificación, trazabilidad y seguimiento de emisiones de metano a lo largo de la cadena de petróleo y gas natural, aplicando requerimientos proporcionales según el segmento, la escala del activo, la magnitud de las emisiones y el riesgo operativo.	Criterios técnicos y regulatorios armonizados y diferenciados para los segmentos priorizados de hidrocarburos.	2027–2029	Alta	N.º de criterios técnicos armonizados.
	Minería del carbón (MRV y mitigación)	HB-06. Diseñar un enfoque regulatorio gradual para la medición, el reporte, la verificación y la mitigación de emisiones de metano en minería del carbón, diferenciado por tipo de mina, escala y grado de formalización de la operación, magnitud estimada de las emisiones, potencial de mitigación, fase del proyecto y tipo de fuente.	Propuesta de instrumento o lineamientos regulatorios graduales para minería del carbón, con requerimientos diferenciados para MRV y mitigación y articulación con cierre, post-cierre y pasivos ambientales.	2027–2029	Alta	Propuesta regulatoria elaborada.
Capacidades técnicas y mercado de proveedores	Transversal (MRV y mitigación)	HB-07. Diseñar e implementar un programa de fortalecimiento de capacidades para entidades públicas, operadores, titulares mineros y actores técnicos, con módulos diferenciados sobre medición, estimación, reporte, control de calidad, verificación, selección de alternativas de mitigación y seguimiento de reducciones.	Programa modular de capacitación y asistencia técnica implementado para MRV y mitigación, con rutas diferenciadas por sector y tipo de actor.	2027–2029	Alta	N.º de participantes que completan los módulos previstos.
	Hidrocarburos (MRV y mitigación)	HB-08. Fortalecer capacidades en entidades y operadores para seleccionar tecnologías, validar	Lineamientos técnicos y capacidades	2027–2029	Alta	N.º de lineamientos

Ámbito habilitante	Sector / alcance (aplicación)	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		métodos, ejecutar mediciones directas, reconciliar datos a nivel de fuente y emplazamiento, operar programas LDAR o equivalentes y cuantificar las reducciones obtenidas mediante las intervenciones.	instaladas para medición, reconciliación de datos, operación de programas LDAR y seguimiento de reducciones en hidrocarburos.			técnicos adoptados.
	Minería del carbón (MRV y mitigación)	HB-09. Desarrollar e implementar rutas diferenciadas de asistencia técnica para medición, estimación, control de calidad, reporte, verificación, construcción de líneas base, ejecución de pilotos y evaluación de alternativas de mitigación en minería subterránea, minería a cielo abierto, minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal.	Rutas de asistencia técnica implementadas y capacidades instaladas para MRV, pilotos y mitigación en minería del carbón.	2027–2029	Alta	N.º de entidades y operaciones que completan la asistencia técnica y aplican protocolos de medición, reporte, verificación o mitigación.
	Transversal (MRV y mitigación)	HB-10. Identificar las brechas de oferta, cobertura territorial, capacidad técnica y aseguramiento de calidad de los proveedores de servicios de medición, validación, verificación, análisis, reporte y mitigación, y definir mecanismos para ampliar y fortalecer la oferta especializada.	Mapa de proveedores y plan de fortalecimiento de oferta técnica.	2027–2029	Alta	N.º de servicios especializados con brechas de cobertura, capacidad o calidad.
Financiamiento e incentivos	Transversal (MRV y mitigación)	HB-11. Identificar y clasificar instrumentos financieros, cooperación técnica, mecanismos de financiamiento climático e incentivos aplicables a las distintas etapas de implementación, diferenciando recursos para generación de información y MRV, estudios y pilotos, y proyectos de mitigación y escalamiento.	Mapa de instrumentos financieros y fuentes de apoyo, con criterios de elegibilidad, etapa financiable, beneficiarios potenciales y ruta de acceso definidos.	2027–2028	Alta	N.º de instrumentos con condiciones de elegibilidad y ruta de acceso documentadas, diferenciados para MRV, pilotos y mitigación.
	Hidrocarburos (Mitigación)	HB-12. Estructurar una cartera de proyectos de mitigación para fuentes con brechas de viabilidad, incluyendo activos marginales, fuentes dispersas y medidas con alto beneficio ambiental y menor retorno.	Cartera priorizada de proyectos de mitigación en hidrocarburos, con perfil técnico, reducción esperada y estructura preliminar de financiamiento.	2027–2029	Media	N.º de proyectos estructurados con línea base y reducción esperada cuantificada, y potencial anual de reducción de CH ₄ de la cartera.
	Minería del carbón (MRV y mitigación)	HB-13. Movilizar recursos para medición, líneas base, estudios de prefactibilidad, evaluaciones integrales, pilotos y validación tecnológica en operaciones y fuentes priorizadas de minería del carbón.	Cartera de líneas base, estudios y pilotos financiados en minería del carbón, diferenciada por tipo de fuente y etapa de desarrollo.	2027–2029	Alta	N.º de líneas base, estudios y pilotos con financiamiento movilizado y potencial de reducción de CH ₄ .
	Minería del carbón / fuentes de menor escala (MVR y mitigación)	HB-14. Evaluar mecanismos de agregación de proyectos, fuentes o servicios compartidos de medición y verificación para operaciones de menor escala, con el fin de reducir costos de	Mecanismo de agregación para proyectos de menor escala, con modelo de gobernanza, criterios de	2028–2032	Media	N.º de mecanismos evaluados.

Ámbito habilitante	Sector / alcance (aplicación)	Acción específica	Producto	Horizonte	Prioridad	Indicador de seguimiento
		estructuración, facilitar la asistencia técnica y mejorar el acceso a financiamiento para medidas de mitigación.	elegibilidad y estructura preliminar de costos y financiamiento.			

4.4. Monitoreo de indicadores

El monitoreo de la hoja de ruta se realizará mediante los indicadores de seguimiento y un conjunto de fichas técnicas que precise su método de cálculo. Los indicadores incluidos en las matrices constituyen una formulación resumida y deberán interpretarse junto con su respectiva ficha, de manera que los resultados reportados sean comparables, trazables y verificables.

Cada ficha técnica deberá identificar, como mínimo, el código y nombre del indicador, su definición, tipo de indicador, unidad de medida, fórmula o criterio de cumplimiento, nivel de desagregación, línea base, meta, fuente de información, medio de verificación, periodicidad, entidad responsable del reporte, instancia responsable de validación o verificación y supuestos relevantes. Cuando el indicador corresponda a una proporción, deberá definirse expresamente el numerador y el denominador.

Las líneas base y metas que no puedan establecerse durante la preparación de la hoja de ruta deberán definirse durante los primeros seis meses de implementación de la acción correspondiente. Las metas deberán ser consistentes con el horizonte asignado, el universo de fuentes o actores aplicable y los recursos disponibles. Su aprobación deberá quedar documentada por la instancia de coordinación y registrarse en la ficha técnica del indicador.

El seguimiento deberá diferenciar indicadores de gestión, producto y resultado. Los indicadores de gestión medirán la ejecución de actividades; los de producto verificarán la disponibilidad y aplicación de protocolos, sistemas, estudios, pilotos o instrumentos; y los de resultado medirán cambios en cobertura, calidad de la información, incorporación de datos al MRVme, aplicación de medidas y reducciones de emisiones. Los reportes de avance no deberán presentar la ejecución de una actividad como equivalente a una reducción de emisiones⁶.

V. Roles y coordinación para la implementación

La implementación de la hoja de ruta requiere una distribución clara de responsabilidades entre las entidades públicas, los operadores sectoriales, los titulares mineros, las autoridades ambientales, los proveedores técnicos, la cooperación y los actores financieros. Esta distribución no modifica las competencias legales de las instituciones. Su propósito es organizar la participación de los actores en torno a las funciones necesarias para ejecutar las acciones y obtener los productos definidos en el plan operativo.

Esta diferenciación es especialmente importante debido a que la gestión del metano exige una interrelación permanente entre funciones públicas y privadas. Mientras las entidades

⁶ El PIGCCme prevé el desarrollo de hitos e indicadores y de una herramienta MRV para hacer seguimiento al progreso de las políticas y acciones sectoriales. La metodología colombiana para proyectos de emisiones fugitivas también exige documentar controles de calidad, incertidumbre, responsabilidades y flujos de aprobación de la información.

públicas orientan, regulan, articulan, integran información y verifican consistencia metodológica, los operadores de hidrocarburos y titulares mineros generan datos, ejecutan mediciones, aplican medidas y reportan avances. A su vez, los proveedores especializados, cooperación y banca de desarrollo apoyan la implementación mediante capacidades técnicas, servicios especializados, estudios, pilotos y financiamiento.

Tabla 6. Matriz de responsabilidades⁷

Grupo de acciones	Acciones específicas	Actor público clave	Apoyo público	Implementador (apoyo privado o técnico)	Responsabilidad principal
Inventarios y factores de emisión en hidrocarburos	IM-01, IM-04, IM-07, IM-10, IM-13	MME / IDEAM	ANH, MADS	Operadores de hidrocarburos, proveedores técnicos	Revisar criterios de estimación, mejorar factores o metodologías, incorporar información operativa y avanzar hacia inventarios más representativos por segmento, activo o fuente.
Medición directa y trazabilidad en hidrocarburos	IM-02, IM-05, IM-08, IM-11, IM-14	MME / ANH	IDEAM, MADS	Operadores de hidrocarburos, proveedores especializados	Ampliar medición directa en fuentes priorizadas, asegurar registros trazables y facilitar el uso de información medida para inventarios, MRV y mitigación.
Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad en hidrocarburos	IM-03, IM-06, IM-09, IM-12, IM-15	MME / ANH / IDEAM	MADS	Operadores de hidrocarburos, desarrolladores o administradores de sistemas de información	Armonizar variables, formatos y flujos de reporte para integrar información sectorial con inventarios, sistemas MRV y seguimiento climático.
Inventarios y factores de emisión en minería del carbón	IM-16, IM-19, IM-22, IM-25	MME / IDEAM	ANM, MADS y autoridad ambiental competente.	Titulares mineros, operadores, cooperación técnica, expertos sectoriales y responsables identificados de sitios abandonados o cerrados, cuando corresponda	Definir protocolos y criterios metodológicos por tipo de mina y fuente, integrar información al MRVme y al inventario nacional y precisar las condiciones institucionales y ambientales aplicables a minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal.
Medición directa y trazabilidad en minería del carbón	IM-17, IM-20, IM-23, IM-26	MME / ANM	IDEAM, MADS y autoridad ambiental competente	Titulares mineros, operadores, proveedores de medición, cooperación técnica y responsables o terceros autorizados para intervenir sitios abandonados o cerrados	Desarrollar campañas, mediciones y registros trazables para construir líneas base y mejorar la estimación de emisiones, previa verificación de las condiciones de acceso, seguridad, responsabilidad y autorización aplicables al sitio.
Arquitectura de datos, MRV e interoperabilidad en minería del carbón	IM-18, IM-21, IM-24, IM-27	MME / ANM / IDEAM	MADS, autoridad ambiental competente	Titulares mineros, cooperación técnica, administradores de sistemas de información, actores territoriales cuando corresponda	Definir variables, controles de calidad, procedimientos de validación y verificación, responsables y rutas de reporte para conectar la información operativa con el MRVme, el inventario nacional y los sistemas ambientales aplicables.
Mitigación en exploración y producción de hidrocarburos	MT-01, MT-02, MT-03, MT-04, MT-05, MT-06	MME / ANH	IDEAM, MADS	Operadores de hidrocarburos, proveedores LDAR, proveedores de medición y control	Fortalecer control de fugas, reducir quema, caracterizar venteos y definir planes de reducción o gestión en fuentes priorizadas.

⁷ La participación de la ANLA o de otras autoridades ambientales competentes aplica cuando las acciones estén asociadas a proyectos sujetos a licencia ambiental, modificación o seguimiento de instrumentos ambientales, intervención de minas abandonadas, gestión de pasivos ambientales o actividades que requieran autorización ambiental. La autoridad competente deberá determinarse según la jurisdicción, el tipo de proyecto y el instrumento aplicable.

Grupo de acciones	Acciones específicas	Actor público clave	Apoyo público	Implementador (apoyo privado o técnico)	Responsabilidad principal
Mitigación en transporte, almacenamiento, refinación y otros segmentos de hidrocarburos	MT-07, MT-08, MT-09, MT-10, MT-11, MT-12, MT-13, MT-14, MT-15	MME / ANH	IDEAM, MADS	Operadores, empresas transportadoras, refinadores, proveedores técnicos	Identificar fuentes, caracterizar emisiones, priorizar oportunidades de reducción e implementar medidas progresivas en segmentos menos cubiertos de la cadena.
Mitigación en minería subterránea y minería a cielo abierto	MT-16, MT-17, MT-18, MT-19, MT-20, MT-21, MT-22	MME / ANM	IDEAM, MADS, autoridad ambiental competente	Titulares mineros, proveedores técnicos, cooperación, banca de desarrollo	Construir líneas base, desarrollar pilotos, evaluar la factibilidad técnica, económica, regulatoria, ambiental y social, y escalar medidas con reducciones verificables cuando existan las autorizaciones y condiciones necesarias.
Gestión de minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal	MT-23, MT-24, MT-25, MT-26, MT-27, MT-28	MME / ANM / autoridad ambiental competente	IDEAM, autoridades competentes	Responsables identificados, antiguos titulares cuando subsistan obligaciones, propietarios o administradores de predios, terceros autorizados, cooperación técnica, proveedores y banca de desarrollo	Identificar y caracterizar las fuentes, determinar las condiciones de acceso y seguridad, revisar la existencia de responsables y obligaciones vigentes, construir líneas base y evaluar medidas de seguimiento, control, mitigación o aprovechamiento. La intervención deberá sujetarse a las autorizaciones mineras, ambientales y prediales aplicables.
Coordinación institucional y claridad de roles	HB-01, HB-02, HB-03	MME	ANH, ANM, MADS, IDEAM, ANLA y autoridades ambientales regionales	Operadores, titulares mineros	Definir y actualizar roles funcionales, canales de coordinación, rutas de reporte y mecanismos de articulación entre entidades sectoriales, climáticas y ambientales.
Regulación gradual y consistente	HB-04, HB-05, HB-06	MME	ANH, ANM, MADS, IDEAM, ANLA y otras autoridades ambientales competentes	Operadores, titulares mineros, gremios, expertos técnicos	Revisar instrumentos existentes, armonizar criterios técnicos, mineros, climáticos y ambientales y diseñar enfoques regulatorios graduales articulados con formalización, seguridad minera, cierre, poscierre y pasivos ambientales.
Capacidades técnicas y mercado de proveedores	HB-07, HB-08, HB-09, HB-10	MME	ANH, ANM, MADS, IDEAM	Operadores, titulares, proveedores, academia, cooperación técnica	Fortalecer capacidades públicas y privadas, desarrollar lineamientos técnicos, ampliar oferta de servicios especializados y reducir cuellos de botella.
Financiamiento e incentivos	HB-11, HB-12, HB-13, HB-14	MME	ANH, ANM, MADS, IDEAM	Banca de desarrollo, cooperación, operadores, titulares mineros, proveedores	Identificar instrumentos financieros, estructurar carteras de proyectos, movilizar recursos para estudios, pilotos y medidas, y evaluar mecanismos de agregación.

5.1. Responsabilidades de los actores públicos

El MME ejerce la coordinación general de la hoja de ruta. Entre sus principales responsabilidades se encuentran orientar la implementación, articular a las entidades sectoriales, promover la coherencia entre los ejes y las acciones y facilitar la conexión con los instrumentos de política pública, regulación, financiamiento y cooperación. También le

corresponde liderar la instancia de seguimiento, revisar avances y coordinar ajustes cuando existan cambios técnicos, regulatorios o financieros relevantes.

Por su parte, la ANH cumple un rol técnico-sectorial para las acciones aplicables a hidrocarburos. Sus funciones se concentran en articular la relación con operadores, apoyar la definición de criterios técnicos, acompañar la implementación de acciones en los distintos segmentos de la cadena y canalizar información sectorial para inventarios, sistemas MRV y procesos de seguimiento.

En minería del carbón, la ANM cumple una función técnico-sectorial vinculada con la administración del recurso minero, el seguimiento de los títulos y la articulación con los titulares. Su participación comprende apoyar la definición de protocolos, facilitar información sectorial, acompañar pilotos y articular las acciones de medición y mitigación con los procesos de formalización, fiscalización, cierre y obligaciones mineras aplicables. Estas funciones no sustituyen las competencias de las autoridades ambientales.

El MADS orienta la articulación de la hoja de ruta con la política climática, el Sistema Nacional Ambiental y los instrumentos nacionales de mitigación. También deberá asegurar la coordinación con la política y los instrumentos de gestión de pasivos ambientales y con los lineamientos ambientales aplicables al cierre y al período posterior al cierre.

La ANLA y las autoridades ambientales regionales participarán según sus competencias y la jurisdicción aplicable. Su intervención será necesaria cuando las acciones requieran evaluación, modificación o seguimiento de licencias e instrumentos ambientales, cuando se desarrollen proyectos de mitigación o aprovechamiento sujetos a autorización ambiental o cuando se formulen y ejecuten planes de intervención de pasivos ambientales. La inclusión de estas autoridades en la hoja de ruta no implica que todas las acciones queden bajo competencia de la ANLA.

El IDEAM tendrá a su cargo la orientación metodológica y la integración de la información al inventario nacional. Su participación comprende apoyar la definición de criterios de calidad, trazabilidad, comparabilidad y verificación, así como asegurar la consistencia entre los datos sectoriales, el MRVme, el SINGEI y los indicadores nacionales de seguimiento.

5.2. Responsabilidades de actores privados, técnicos y financieros

Los operadores de hidrocarburos tienen a su cargo generar información de campo, implementar mediciones directas, fortalecer programas de detección y reparación de fugas, reportar datos trazables, ejecutar medidas de reducción y aportar evidencia para el seguimiento de resultados. Su participación resulta estratégica dado que gran parte de los insumos requeridos para mejorar inventarios y orientar medidas de mitigación se produce a nivel de activo, instalación o fuente.

En las minas activas, los titulares mineros y operadores deberán facilitar las mediciones, aportar información operativa, participar en pilotos, apoyar la construcción de líneas base y evaluar e implementar alternativas de mitigación de acuerdo con el tipo de mina, la escala de la operación y las obligaciones aplicables. En minería subterránea, esto incluye articular el monitoreo asociado a la seguridad con los requerimientos de inventarios y MRV. En minería a cielo abierto, comprende facilitar la caracterización de emisiones difusas y la recopilación de información operativa.

En minas abandonadas y fuentes posteriores al cierre formal, no deberá atribuirse automáticamente la responsabilidad al último titular minero, al propietario del predio o a un actor territorial. Antes de cualquier intervención se deberá determinar si subsisten obligaciones mineras o ambientales, identificar al responsable cuando sea posible, verificar la situación del predio y obtener las autorizaciones necesarias. Los terceros interesados podrán participar cuando cuenten con habilitación jurídica y ambiental para desarrollar la intervención.

Por su parte, los proveedores especializados contribuyen con capacidades técnicas orientadas a la medición, validación, análisis de datos, tecnologías de detección, reparación, aprovechamiento, oxidación u otras soluciones de mitigación. Su participación es necesaria para ampliar la capacidad de implementación, disminuir cuellos de botella y garantizar que las tecnologías utilizadas sean adecuadas para cada tipo de fuente.

La cooperación técnica, la academia y los centros especializados pueden apoyar el diseño metodológico, la validación de pilotos, la capacitación, el desarrollo de estudios de factibilidad y la transferencia de conocimiento. Este acompañamiento adquiere relevancia en la minería del carbón y en fuentes complejas donde todavía se requiere generar evidencia técnica antes de escalar medidas.

La banca de desarrollo y los actores financieros cumplen un rol habilitante para convertir acciones técnicas en proyectos financiables. Su participación puede facilitar estudios, prefactibilidad, pilotos, carteras de proyectos, financiamiento combinado, garantías, mecanismos basados en resultados o instrumentos específicos para activos marginales, fuentes dispersas y operaciones con capacidad de inversión limitada.

5.3. Coordinación para la implementación

Para dar seguimiento a la hoja de ruta, se recomienda conformar una instancia de coordinación liderada por el MME e integrada de manera permanente por la ANH, la ANM, el MADS y el IDEAM. La ANLA, las autoridades ambientales regionales, las entidades territoriales y otras instituciones participarán cuando las acciones bajo revisión involucren licenciamiento o seguimiento ambiental, cierre, minas abandonadas, pasivos ambientales o materias comprendidas dentro de sus competencias. Los representantes sectoriales, la academia, los proveedores, la cooperación y los actores financieros podrán participar en calidad técnica o consultiva.

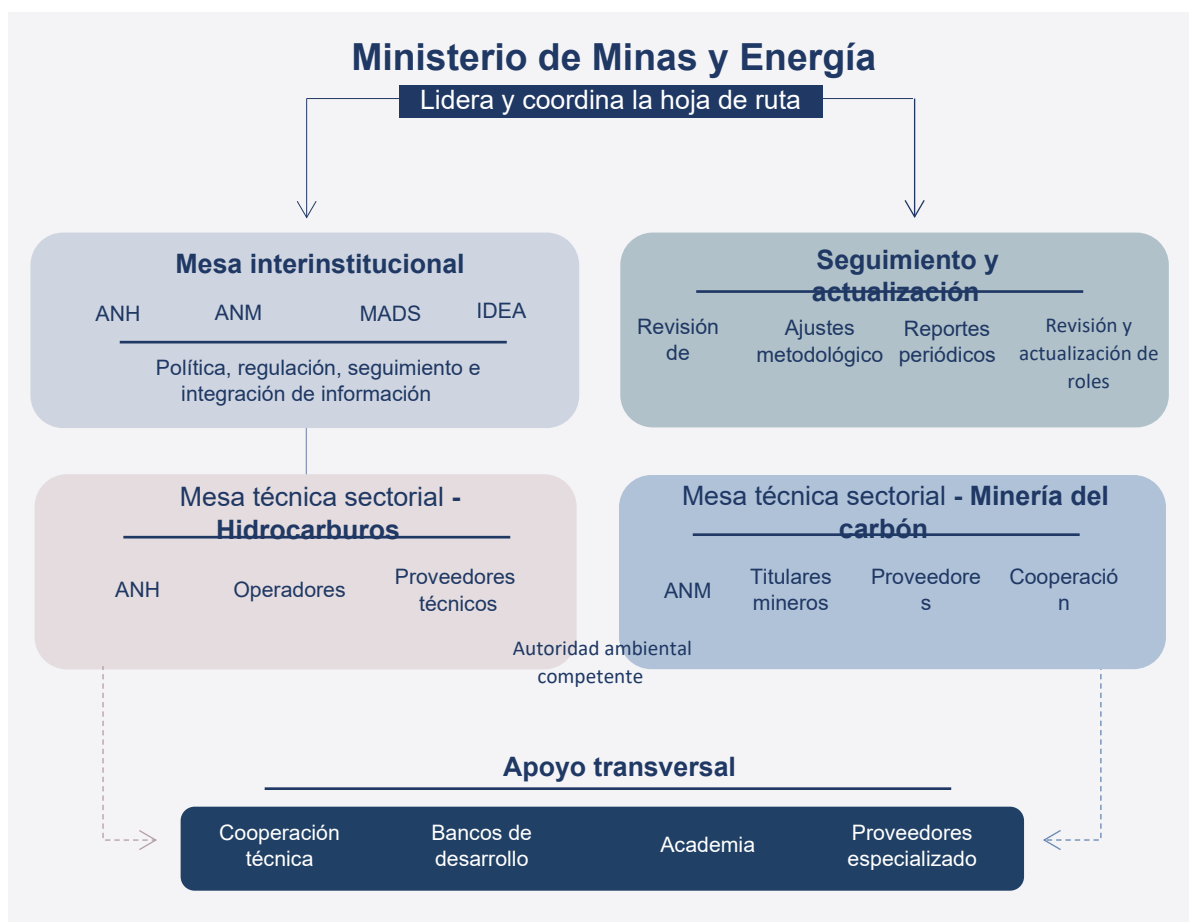
La coordinación se organizará en dos niveles. La mesa interinstitucional revisará decisiones de política, regulación, asignación de responsabilidades, integración de información y seguimiento general. Las mesas técnicas sectoriales de hidrocarburos y minería del carbón revisarán protocolos, calidad de datos, pilotos, medidas de mitigación, resultados, capacidades y necesidades de financiamiento. Podrán conformarse grupos de trabajo temporales para minas abandonadas, cierre y pasivos ambientales.

La matriz de responsabilidades deberá revisarse al menos una vez al año y cuando se produzcan cambios normativos o institucionales que modifiquen las competencias de las entidades participantes. La revisión deberá identificar las funciones que cambian de responsable, los efectos sobre las acciones en curso y las medidas necesarias para mantener la continuidad de los flujos de información, la verificación y la implementación. Los cambios deberán registrarse en los reportes periódicos de la hoja de ruta.

La instancia de coordinación deberá revisar los avances frente a los indicadores, identificar cuellos de botella, priorizar acciones de corto y mediano plazo y recomendar ajustes metodológicos o de implementación. Las decisiones que excedan sus funciones

deberán remitirse a la entidad competente y no modificarán por sí mismas las competencias establecidas en la normativa vigente.

Figura 4. Esquema de coordinación





Ministerio de Minas y Energía



@olacde



olacde.org