



Estructuración y formulación de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales

Resumen Ejecutivo

Bogotá, febrero de 2021



Banca de Desarrollo Territorial



La vivienda y el agua
son de todos

Minvivienda



El futuro
es de todos

DNP
Departamento
Nacional de Planeación



El ambiente
es de todos

Minambiente

Contenido

1	Introducción	3
2	Propósito y Objetivos de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales (RSM)	4
3	Sector de los residuos sólidos municipales en Colombia	4
4	Políticas y regulación	9
5	Tecnologías de tratamiento y aprovechamiento de Residuos Sólidos Municipales	10
6	Emisiones de GEI del sector residuos	13
7	Medidas y acciones de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales	18
8	Identificación Co-beneficios	22
9	Requerimientos y Mecanismos de Financiación de la NAMA	23
10	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)	26
11	Estructura de Gobernanza de la NAMA RSM	29
12	Bibliografía.....	34

1 Introducción

Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) mediante la Ley 164 de 1994 y el Protocolo de Kioto a través de la Ley 629 de 2000, aceptando las directrices de la Convención Marco de las Naciones Unidas en donde se establece el compromiso de estudiar a fondo las medidas que sea necesario tomar en virtud de la Convención para atender las necesidades y preocupaciones específicas de los países en desarrollo. De igual forma, establece en su artículo 4° numeral 1, literal b) el compromiso de las partes de formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.

El Plan de acción de Bali (CP.13, 2007) consigna que las partes de la Convención que son países en desarrollo deberían promover **Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs por sus siglas en inglés)** en el contexto del desarrollo sostenible, apoyadas y facilitadas por la transferencia de tecnología, la financiación y la construcción de capacidad de una manera medible, reportable y verificable.

En general, las NAMAs son políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acciones que reducen las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) de sus niveles tendenciales o “*business as usual*” y que, a su vez contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de los países en las cuales se implementan. A nivel nacional, las NAMAs están enmarcadas dentro de la política nacional de cambio climático específicamente dentro de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC).

La Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia fue designada como punto focal de

comunicación con la Secretaría Ejecutiva de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático para el Registro de las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas en el NAMA Registry, teniendo en cuenta su competencia técnica en el diseño e implementación de NAMAs en Colombia.

Adicionalmente, en el año 2011 se expidió el documento CONPES 3700 “Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia” que busca generar espacios para que los sectores y los territorios integren dentro de sus procesos de planificación, estrategias para enfrentar al cambio climático, articulando a todos los actores para hacer un uso adecuado de los recursos, disminuir la exposición y sensibilidad al riesgo, aumentar la capacidad de respuesta y preparar al país para que se encamine hacia la senda del desarrollo sostenible, generando competitividad y eficiencia.

Previendo y respondiendo a estos lineamientos, la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible inició en 2010 la estructuración de la Estrategia de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC).

La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) promueve la formulación e implementación de acciones de mitigación y/o NAMAs en todos los sectores del país, coordinando acciones conjuntas para promover un desarrollo económico desligado de la generación de emisiones de gases efecto invernadero, pero alineados con los objetivos de desarrollo y políticas sectoriales del país. Así, dentro de las apuestas de mitigación del país se contemplan acciones como la **NAMA de Residuos Sólidos Municipales**, como instrumento de implementación del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial (PIGCCS) del MVCT (Adoptado mediante la resolución 431 de febrero de 2020), instrumento que tiene como fin identificar, evaluar y orientar la incorporación de medidas de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del

sector con el objeto de mejorar la competitividad y sostenibilidad de las ciudades y los territorios.

Por su parte, la respuesta como país a través del Sistema Nacional de Cambio Climático - SISCLIMA- (Dec. 298 de 2016), en cabeza de su Comité de Gestión Financiera, ha sido la **Estrategia para acceso a los recursos del Fondo Verde del Clima** (GCF por sus siglas en inglés), en la cual se contempló el marco de acceso a recursos *Readiness* para el proyecto de NAMA de Residuos sólidos municipales (por un estimado de \$310.000 en el año 2017) con Financiera de Desarrollo Territorial S.A. (en adelante Findeter) como socio implementador (DNP-Finanzas del Clima, 2017). Dentro de los temas priorizados para su integración en los instrumentos de planeación nacional, se relacionaron, para la temática de aprovechamiento y disposición de residuos sólidos, el manejo integral de los residuos, el tratamiento y eliminación de aguas residuales, el compostaje y el reciclaje, así como particularmente la captura y quema de metano en rellenos sanitarios. (GCF *Readiness Programme*, 2018).

La consolidación de este proyecto permitirá definir la necesidad de apoyo financiero, de transferencia de tecnologías y de construcción de capacidades para continuar con la implementación de acciones de mitigación bajo la ECDBC. De igual forma, apoyará el proceso de estimación de metas y compromisos de mitigación para alcanzar la reducción del 51% de las emisiones GEI proyectadas al año 2030 presentado ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Proponente de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales (RSM)

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio es el principal responsable de la iniciativa de la NAMA de RSM, encabezará la implementación de las medidas de mitigación, y proveerá los arreglos entre los diferentes actores para garantizar el flujo de financiación, y la efectividad de la mitigación.

2 Propósito y Objetivos de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales (RSM)

El objetivo principal de la NAMA RSM es el de **proponer e implementar acciones para la mitigación de Gases Efecto Invernadero generados en la etapa de tratamiento y eliminación de residuos sólidos municipales a nivel de relleno sanitario**, y entre los objetivos específicos están:

- Aumentar el aprovechamiento y valorización de los residuos
- Reincorporar los residuos al ciclo económico
- Mejorar la salud de la población
- Incrementar la vida útil de los rellenos sanitarios en funcionamiento en el corto y medio plazo

De esta manera, la NAMA RSM define las medidas y acciones de mitigación al cambio climático en la gestión de los residuos sólidos municipales, en las actividades de tratamiento y disposición final llevadas a cabo en los rellenos sanitarios. También identifica y cuantifica las potenciales reducciones de GEI, así como los co-beneficios ambientales, económicos y sociales asociados, que contribuyen a las metas a de las NDC así como a los objetivos de desarrollo sostenible del país. Adicionalmente, planteará los mecanismos de financiamiento de las medidas y acciones propuestas, y establecerá un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para el seguimiento, y lineamientos para la implementación.

3 Sector de los residuos sólidos municipales en Colombia

3.1 Contexto

En el año 2018 en Colombia se dispusieron 11.056.824 toneladas de residuos sólidos en sistema autorizado equivalentes al 97,8%, y en sistema no autorizado se dispusieron 248.309 toneladas equivalentes al 2,2%. En total se dispusieron 11.305.133 toneladas. (SSPD-DNP, 2019).

Colombia ha venido promoviendo desde el año 2005 una política de sustitución de sitios de disposición final no adecuada, por sitios ambientalmente autorizados. De acuerdo con la Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Para 2017, el 78% de los municipios (865) se encontraba disponiendo en sitios autorizados, 5% (61 municipios) en sitios no autorizados y 17% no registró información. (SSPD-DNP, 2017a). Las cifras históricas, reflejaron un decremento con respecto a la situación del 2016. Lo cual nos indica que con las políticas actuales de mitigación de gases efecto invernadero, el estado tiene un reto para terminar con estos sitios de disposición final no adecuada, que, aunque correspondientes a pequeñas poblaciones hoy no deberían existir.

En el contexto que compete al marco de formulación de la NAMA RSM para Colombia, en su mayoría los residuos sólidos son dispuestos en sitios de disposición final (SDF) autorizados. Es así como el 97,8% de las toneladas generadas en Colombia en el año 2018, correspondientes a la operación del servicio público de aseo de 994 municipios, se depositó en 192 SDF autorizados. Por su parte, 116 municipios dispusieron sus residuos sólidos en botaderos a cielo abierto y celdas transitorias; no obstante, las cantidades dispuestas en estos sitios representan una minoría frente a la totalidad del país. (SSPD-DNP, 2019).

Con base en los informes de la Superintendencia de Servicios Públicos de 2010 a 2018 la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios para las ciudades capitales del país ha aumentado como se puede ver en la figura siguiente.

Figura 1. Evolución de los residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios en Colombia



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019

De esta manera, los tres últimos informes nacionales de disposición final de residuos sólidos oficiales de la Superintendencia de Servicios Públicos y el DNP, permitieron concluir que el comportamiento de los residuos en ocho de las áreas urbanas más densamente pobladas del país es acorde con el patrón exhibido en la gráfica.

3.2 Caracterización general

Como parte del seguimiento a las metas definidas de la política nacional de residuos vigente, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios ha realizado un seguimiento periódico a la situación y evolución de la disposición final de los residuos sólidos en el país, para residuos sólidos ordinarios. De acuerdo con el último informe de disposición final de la Superintendencia, en Colombia **el 96% de los residuos destinados a disposición final son dispuestos en relleno sanitarios.** (SSPD-DNP, 2019). **La cobertura que dieron los rellenos a la gestión en el año 2018 fue del 88,29% de los municipios y del 96% de los residuos generados en las operaciones de aseo.**

La mayor porción de la distribución departamental concentra los residuos sólidos del distrito capital y los tres departamentos con mayor densidad poblacional y urbanización, con un 51,41% en total distribuidos en un 20,55% para Bogotá D.C., un 11,6% para el departamento de Valle del Cauca, un 11,54% para el departamento de Antioquia y un 7,71% para el departamento de Atlántico. (SSPD-DNP, 2019).

Con relación a la capacidad de los rellenos sanitarios, Colombia dispuso 30.973 toneladas diarias en promedio durante el año 2018 en los 1.102 municipios. De las 10.853.833,9 toneladas dispuestas en 2018 en rellenos sanitarios equivalentes a 29.736,53 toneladas diarias, se destacaron los distritos de Bogotá D.C. en el Relleno Sanitario Doña Juana con 6.454,66 t/día, Barranquilla en el Relleno Sanitario Los Pocitos con 1.462,04 t/día y Cartagena de Indias en el Relleno Sanitario Loma de Los Cocos con 1.263,39 t/día.

Conforme a datos de la SSPD, en el año 2010 tan sólo el 43% de los municipios del país disponía adecuadamente sus residuos (Andesco, 2020), ya en el año 2018 el porcentaje de cobertura de los municipios fue aprox. del 90%, (*entre un 88,29% equivalente a 973 municipios con disposición final en rellenos sanitarios y un 1,63% correspondiente a 18 municipios con disposición final en celdas de contingencia*). (SSPD-DNP, 2019). En estos últimos años se ha fortalecido la regionalización en el componente de disposición final, lo que consecuentemente ha llevado a incrementar la cobertura de la disposición final adecuada.

Una variable importante en la selección de tecnologías para el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, que permita la sustitución de la tecnología de rellenos sanitarios es la vida útil licenciada de cada uno de los actuales sitios de disposición final. El 39% de los sitios autorizados cuentan con licencias ambientales próximas a vencer. El 39% concluiría este año 2020, según el informe de SSPD DNP 2018.

Al año 2018 se sistematizaron 20 rellenos sanitarios que demandan atención por temas de licencia ambiental en la estimación del vencimiento de vida útil, bien sea que en efecto deban cerrarse del todo o que aún haya área disponible y obras planificadas. De igual forma, se registraron 26 rellenos con estimación de vida útil próxima a expirar en el siguiente trienio, 56 rellenos en un rango entre 3 y 10 años de vida útil y 64 rellenos con una vida útil estimada sobre los 10 años, también se registraron 8 rellenos sin cálculo de vida útil. (SSPD-DNP, 2019).

De éstos se resaltan el Relleno Sanitario Regional La Pradera en proximidades al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Regional El Carrasco en Bucaramanga y el Parque Ecológico Regional Praderas del Magdalena en Girardot, como los tres con mayor capacidad y en el rango de mayor proximidad al vencimiento de su vida útil conforme al cálculo para su capacidad técnica y la expedición de las

licencias ambientales respectivas (SSPD-DNP, 2019).

En los rellenos sanitarios en Colombia predomina la quema de biogás en antorchas de control y sólo en casos aislados existe institucionalización en torno de este manejo, como el caso particular del Distrito Capital, en el que se ha trascendido la quema simple hacia el aprovechamiento energético del biogás y a través del cual se ha logrado valorizar el recurso mediante la emisión de certificados de reducción de emisiones (CER) -conforme a lo establecido en los convenios internacionales de cambio climático desde el protocolo de Kioto- y la transformación del biogás en energía eléctrica.

Por su parte, la composición de los residuos sólidos, según los análisis recientes de la información de la SSPD para la caracterización física, indica que de esos 11,3 millones de toneladas de residuos anuales producidos en el país, equivalentes aproximadamente a unas 21,6 Mton de CO₂eq conforme a los análisis del informe de actualización de la NDC para Colombia (UNFCCC, 2020), y específicamente de las 10,8 Mton de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios que hacen caracterización requerida por norma para cargar al SUI en este caso, la materia orgánica (entendida como residuos de comida y cocina) alcanza un 54,1%, los plásticos llegan al 12,42%, otros residuos orgánicos llegan al 7,51%, el papel llega a un 5,73%, el cartón alcanza un 4,29%, los metales un 4,25% y otros inorgánicos un 4,21%, de igual forma el vidrio exhibe un 3,47%, los textiles un 1,72%, la madera un 0,76%, la goma un 0,53%, los higiénicos un 0,39%, el cuero un 0,22%, el poliestireno (icopor) un 0,12%, las cenizas, polvo, suciedad un 0,11%, los huesos un 0,02%. (Elaboración propia, con base en SUI-SSPD, 2006-2019).

3.3 Características ambientales

El desarrollo de todo el marco normativo en materia de operación de sitios de disposición final de residuos se basa en las afectaciones negativas a la estructura y las funciones (servicios ecosistémicos y ambientales) de la

plataforma ambiental o estructura ecológica principal de un territorio en cuestión.

Es así como las preocupaciones naturales y evidentes en materia de gestión de residuos se han orientado históricamente, tanto en territorio nacional como en el planeta entero, al control de **olores producidos en la descomposición de grandes volúmenes de residuos con un alto componente orgánico**, al control de **vectores virales, bacteriales, fúngicos y animales** que hallan un nicho ecológico en dichas condiciones de contaminación ambiental y pueden afectar poblaciones humanas cercanas al sitio de disposición final, al manejo de la **contaminación del suelo y el agua por efecto de los lixiviados**, al control de aves de rapiña en la operación aérea, así como al manejo adecuado de los **gases que se producen en los sitios de disposición final** conforme a las técnicas de compactación y a la caracterización de los residuos que alcanza un 40% de materia orgánica aproximadamente.

Los efectos del manejo inadecuado de estos gases pueden ir desde **emisiones de gas metano CH₄ a la atmósfera, que es un gas de efecto invernadero (GEI) causante del cambio climático 28 más potente que el CO₂ (AR5 Synthesis Report- IPCC, 2014); hasta posibles explosiones en las celdas clausuradas o en uso**. Es importante hacer mención respecto de la actual ausencia, en el sector vivienda/residuos en coordinación con el sector Ambiente, de una regulación de los gases efecto invernadero -GEI- y específicamente de este biogás característico con altas concentraciones de metano, por lo que se recomienda a las instituciones a cargo de estos procesos de administración, avanzar en el ejercicio aplicado de sus políticas públicas en torno de este requerimiento específico con procesos y metodologías concretos de control y evaluación.

La normativa ambiental colombiana se ha orientado en las últimas décadas a minimizar la disposición inadecuada de residuos, la cual se refiere al panorama de impactos ambientales en un territorio con temas por resolver en la producción, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final de los

residuos sólidos, producidos por una población usuaria del servicio de aseo. No obstante, contar con la expedición de la licencia ambiental para su operación podría no evidenciar la forma en que esté operando el sitio de disposición final, sea adecuada o no en términos técnicos, dado que esto es un tema de responsabilidad del prestador y del seguimiento acucioso de los diferentes agentes y procesos de control y vigilancia tales como entes de vigilancia a nivel nacional como la Procuraduría, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), así como las autoridades ambientales y las entidades territoriales como garantes de la prestación y el cumplimiento de las normativas técnicas (Artículo 2.3.2.3.15 del Decreto 1784 de 2017) además de las ambientales.

El licenciamiento ambiental para la operación de este tipo de infraestructuras de equipamientos de servicios públicos incluye una serie de requisitos y exigencias desde lo técnico y lo normativo asociadas principalmente a las obligaciones del operador en materia de garantizar un mínimo de calidad ambiental y su impacto positivo en las dimensiones biótica, física y social.

Además de las licencias ambientales, existen los instrumentos de gestión de residuos sólidos a cargo de las entidades territoriales del nivel local, los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos o PGIRS, que incluyen diagnósticos y contenidos programáticos con proyectos, actividades y recursos puntuales para garantizar el mejoramiento continuo del manejo de los residuos sólidos e inclusive la prestación del servicio de aseo a nivel municipal y regional.

La articulación de este instrumento con los objetivos de la NAMA de Residuos Sólidos para Colombia resulta fundamental para aproximar la viabilidad técnica y financiera de las tecnologías y los escenarios de reducción de emisiones propuestos, con las capacidades

reales de gestión y financieras de las administraciones locales.

El documento de diagnóstico a la aplicación del nuevo marco tarifario para la prestación del servicio público de aseo consignado en la Resolución CRA 720 de 2015, enfatiza impactos ambientales puntuales tales como *“las afectaciones a la calidad del aire por emisiones de contaminantes como gases de efecto invernadero, gases relacionados con la acidificación de la lluvia y gases que pueden generar afectaciones a la salud”* También menciona entre los retos a la regulación de la actividad, la articulación de los estudios técnicos con los instrumentos de planeación (POTs) y las licencias ambientales de las entidades territoriales y autoridades ambientales respectivas.

Finalmente, los desarrollos técnicos y normativos de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) permitieron la definición la metodología para el establecimiento de un nuevo marco tarifario que incluyese un incentivo al desarrollo de la actividad complementaria de tratamiento, entendida como actividad del servicio público de aseo, alternativa o complementaria a la disposición final que busca la obtención de beneficios ambientales o económicos al procesar los residuos sólidos a través de técnicas de tratamiento mecánico, biológico y/o térmico. (Res. CRA 853 de 2018)

En paralelo, el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio fortaleció normativamente este proceso mediante la reglamentación de un instrumento específico de gestión financiera denominado incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos (IAT), a través del cual se ha apostado por una visión de país fortalecido en la gestión integral de residuos que permita reducir los volúmenes de residuos y gases en la disposición final, a la vez que se incrementen los proyectos asociados a alternativas de tratamiento, haciendo uso de mecanismos de recaudo de recursos vía tarifa con administración y seguimiento de parte de las entidades territoriales competentes. (MVCT, 2018).

3.4 Características socioeconómicas

La gestión para la disminución de impactos sobre la salud pública mediante la construcción y operación de sitios de disposición final técnica y ambientalmente aptos, por un lado ha connotado la consolidación de una fuerza o capacidad laboral instalada en la operación del servicio de aseo y particularmente de los rellenos sanitarios durante las últimas décadas en territorio nacional; y, por otro lado, ha significado incrementos en la cobertura general de la prestación del servicio de aseo en las dinámicas de ocupación y desarrollo territorial tanto urbano-rurales como urbano-regionales.

Respecto de las temáticas relacionadas con fuerza laboral y fuentes significativas de empleo, en el marco de un desarrollo sostenible basado en apuestas sectoriales de economías verdes, naranjas, circulares o alusivas a la migración hacia tecnologías ambientalmente aptas y socialmente justas, y particularmente en el camino hacia territorialidades, economías y sociedades bajas en carbono; el sector vivienda, agua y saneamiento, y en particular el subsector de residuos, constituye una fuente generadora de empleo constante, en evolución y crecimiento.

Es así como empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios con potencial generador de empleo han participado de la evolución de esta gestión de residuos sólidos en Colombia en las actividades de recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final, con mayor intensificación en las últimas tres décadas en función de los desarrollos jurídicos normativos, los ejercicios de control y vigilancia del Estado mediante todos sus organismos e instituciones y con un incremento significativo de los actores privados. Con los desarrollos normativos de la década de los 90's del siglo anterior, incluida la nueva Constitución Política de Colombia, muchas Empresas Públicas del Estado para la prestación del servicio de Aseo que operaban con un bajo a muy bajo perfil de recursos, fueron suplidas en su misión corporativa por agentes privados con potencial técnico y

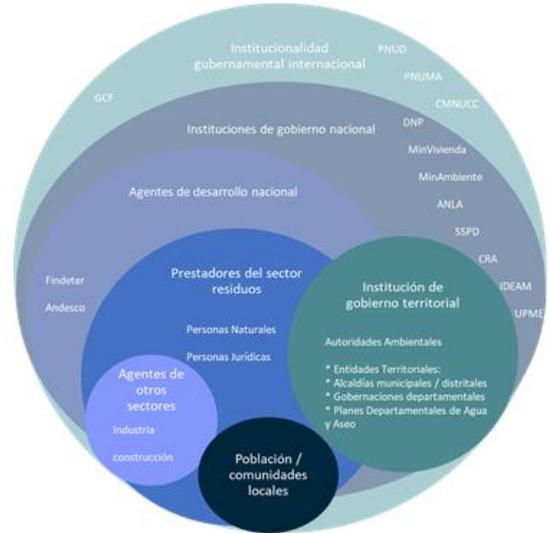
financiero para solventar esta demanda social y ambiental inminente.

Las empresas de aseo de las grandes ciudades del país, algunas de ellas aún públicas y otras privadas, son fuente de empleo anual con potencial de generación de centenares de trabajos directos e indirectos, permanentes y transitorios, conforme a la dinámica y complejidad de cada metrópolis. Entre las empresas más representativas del gremio en territorio colombiano se resaltan Veolia e Interaseo, entre ambas concentran aproximadamente 3.000 empleos entre directos e indirectos. En el caso empresas prestadoras del servicio de aseo con cobertura local y capacidad técnica y financiera limitadas, de igual forma son fuentes significativas de empleo en este subsector, algunas de forma indirecta en la actividad de disposición final y de forma directa en la operación como tal del servicio de aseo en los componentes y actividades de recolección, transporte y almacenamiento de la gestión de residuos en Colombia. Estas empresas pueden tener capacidad de generación de trabajo de decenas de empleos al año, dependiendo igualmente de la realidad socio territorial de cada una de ellas.

3.5 Actores relevantes

El mapeo ha definido diversos tipos de actores, desde instituciones de gobierno del nivel internacional, nacional y territorial, hasta agentes de desarrollo nacional, agentes privados y públicos del sector residuos, agentes de otros sectores del desarrollo y poblaciones o comunidades, con inclusión de variables como enfoque de género.

Figura 2. Diagrama relacional de actores relevantes identificados



Fuente: Elaboración Propia de la Consultoría

4 Políticas y regulación

4.1 Políticas y estrategias a nivel nacional

En Colombia, el sector de residuos ha tenido un desarrollo jurídico normativo continuo en las últimas décadas, desde el Código de los Recursos Naturales en 1972 (Decreto-Ley 2811-1972) y el Código Sanitario Nacional en 1979 (Ley 9-1979), abarcando la Ley Nacional Ambiental (Ley 99-1993), la Ley de Servicios Públicos (Ley 142-1994), la primera generación de la Política Nacional para la Gestión integral de Residuos en 1998 del Ministerio del Medio Ambiente, hasta llegar al documento CONPES 3874 de 2016, en el nivel de política pública y marco de planificación nacional.

De igual forma, la Constitución Política de Colombia, en sus artículos 79 y 80 estableció que *“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”,* así mismo, *“El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro*

ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas”.

En el documento CONPES 3874 de 2016, se encuentra consignada la política y el direccionamiento de la gestión integral de residuos sólidos para Colombia en la siguiente década. La política ha sido enfocada en la gestión de residuos no peligrosos, el desarrollo sostenible, así como la adaptación y la mitigación del cambio climático.

En lo concerniente con políticas ambientales globales correlacionadas con el Sector Vivienda y el Subsector Residuos, la que directamente se conecta con el proceso de estructuración de una Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada (NAMA) es la **Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)**, cuya formulación se ha orientado por los desarrollos técnicos e instrumentales de diferentes procesos como la **Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)** y por ende, viene obedeciendo a una hoja de ruta histórica en el país en materia de mitigación del cambio climático en el Sector Vivienda, y particularmente en el Subsector Residuos, en los últimos 12 a 15 años desde la entrada en vigor del Protocolo de Kioto.

Así mismo, en un espectro un poco más amplio de políticas ambientales es importante correlacionar los alcances y objetivos de la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PNGIRS) asociados con las tecnologías analizadas en el horizonte de la NAMA de Residuos Sólidos para Colombia, con los objetivos contenidos de la Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades de Colombia (Documento CONPES 3819/2014), así como con objetivos, líneas estratégicas y dimensiones de la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), la Política de Gestión Ambiental Urbana (PGAU) y la Política General de Ordenamiento Territorial (PGOT), respectivamente, al igual que con los objetivos y las directrices de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico

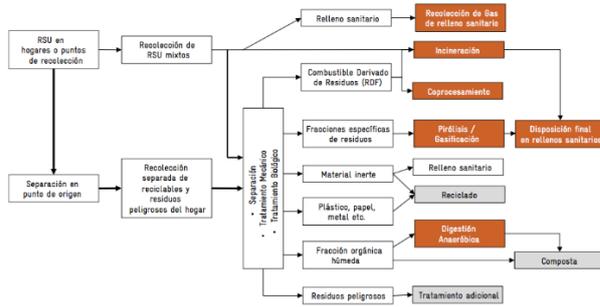
(PNGIRH), de la Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (PNGIAS) y de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), todas en el marco de la Política de Crecimiento Verde 2018 -2030 definida por el DNP como resultado del proceso evolutivo de la Misión de Crecimiento Verde que surgió como respuesta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS-, luego Estrategia de Crecimiento Verde, ambas alineadas con los procesos específicos de gestión de residuos mencionados en los PND 2011-2014 y 2014-2018, respectivamente.

Por último, no menos relevante, están las sentencias y autos de la Corte Constitucional respecto al material reciclable y la población recicladora. Sentencias T724 de 2003, T291 de 2009, T387 de 2012, y Autos 268 de 2010, 183 y 189 de 2011, y 275 de 2011). Se considera a los recicladores de oficio como población sujeta de protección especial que deben ser tenidos en cuenta en la prestación del servicio público de Aseo.

5 Tecnologías de tratamiento y aprovechamiento de Residuos Sólidos Municipales

Con el propósito de cumplir con los objetivos de la NAMA de RSM, de aumentar el aprovechamiento y valorización de los residuos, reincorporar al ciclo productivo la mayor cantidad de residuos, incrementar la vida útil de los rellenos e incluso propender por su sustitución con tecnologías de aprovechamiento que mitiguen la emisión de GEI y minimicen el impacto ambiental y de salud que tienen los sitios de disposición final actuales se definirán las tecnologías, su combinación y se establecerá unas tipologías que tengan en cuenta la situación particular de cada sitio de disposición final.

Figura 3. Flujo de materiales de los RSM y sus opciones de tratamiento



Fuente: (GIZ, Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos, 2017)

Las acciones de mitigación de GEI estarán diseñadas con base en la implementación de las siguientes tecnologías: Reducción de gases en vertederos (RGV), Tratamiento Mecánico Biológico (TMB), Combustibles Derivados de Residuos (CDR ó RDF por sus siglas en inglés) y Aprovechamiento energético de los residuos (WtE por sus siglas en inglés). Es importante precisar que las tecnologías son complementarias entre sí y pueden ser combinadas para obtener un mejor resultado final. Así, la tecnología de RGV es insustituible para el tratamiento y aprovechamiento de los gases generados por los residuos sólidos municipales ya dispuestos; mientras que las otras tres tecnologías son apropiadas para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos que se están generando y aún no han sido dispuestos, que precisamente, para obtener una mayor mitigación en la generación de GEI, no deben ser dispuestos sin un tratamiento previo y debemos aprovecharlos en la generación de nuevos productos que podamos incluir en una economía sostenible y amigable con el medio ambiente.

5.1 Recolección y aprovechamiento de gas en vertederos (RGV)

Con el fin de mantener seguro el funcionamiento de los rellenos sanitarios, se debe realizar en todos los casos extracción del gas que se genera en el proceso de descomposición de los residuos dispuestos. El gas generado puede someterse a tres tipos de

proceso: Captación y quema; captación y aprovechamiento; y una combinación de los dos anteriores, es decir captación, quema parcial y aprovechamiento del resto.

La recolección de biogás en los rellenos sanitarios se reconoce como una de las técnicas utilizadas para la generación de energía a partir de residuos. El biogás es un gas combustible, generado por las reacciones químicas y biológicas generadas en la biodegradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, mediante la acción de microorganismos y otros factores; debido a esto, se han desarrollado diferentes tecnologías disponibles que buscan la generación de electricidad a partir de este gas procedente de la descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios y demás sitios de disposición final.

Si bien, la normatividad nacional promueve la legalidad en los sitios de disposición final, y ha orientado a que la mayoría sean rellenos sanitarios, con recolección y quema de gases, aún quedan sitios con disposición de residuos no legales y rellenos sin la captación de gases como lo establece el decreto 1784 de noviembre de 2017.

De acuerdo a la información recopilada, el 13,64% de los sitios de disposición final tienen un sistema de recolección, quema y aprovechamiento de biogás – RS Doña Juana, Parque ambiental los Pocitos, y Parque ambiental loma de los cocos -; 77.27% de los sitios cuentan con sistemas de captación y quema de gases incluido el RS El Reciclante, que además tiene sistema de tratamiento mecánico Biológico y 9,09% no cuentan siquiera con sistema de captación de gases-Los Picachos y El Clavo.

Teniendo en cuenta que las fuentes de reducción de GEI se deben tanto a la captura y combustión (quema) del metano CH₄ contenido en el biogás, como al reemplazo de combustibles fósiles que deberían utilizarse para generar la misma cantidad de energía

eléctrica que se generará a partir del biogás, las acciones de mitigación de GEI, que se convierten en propuesta en este estudio son: **Implementar la recolección, quema y aprovechamiento de GEI en los sitios que no la tienen, implementar la fase de aprovechamiento en los sitios que sólo tienen captación y quema, y optimizar y potencializar los sistemas que ya cuentan con las tres fases, recolección, quema y aprovechamiento.**

5.2 Tratamiento mecánico biológico (TMB)

El tratamiento mecánico biológico (TMB o TBM) según el orden del proceso), como su nombre lo indica, lo constituyen dos etapas, la primera “tratamiento mecánico” la segunda etapa el tratamiento biológico. Su fin principal es incrementar la vida útil de un relleno, mediante la reducción, compactación y en algunos casos enfardado de los residuos que llegan a él. Como un objetivo secundario, se pretende mitigar la generación de lixiviados y gases en el sitio de disposición final.

El TM es un tipo de **pretratamiento utilizado para el manejo de los residuos sólidos urbanos dentro de los rellenos sanitarios, que combina la clasificación de los residuos (mecánico) con el tratamiento biológico de los residuos orgánicos.** Esta técnica busca disminuir la carga contaminante y el impacto ambiental de los residuos sobre la atmósfera y el subsuelo, por medio de un proceso de estabilización de estos.

5.3 Compostaje

El compostaje es una tecnología de aprovechamiento de residuos, que en Colombia se está utilizando ya en algunos municipios, para el material orgánico o biomasa producto del corte de césped, poda de árboles, plazas de mercado y doméstico separado en fuente. Importante anotar que el proceso no admite materiales como: cenizas de carbón y coque, pañales, revistas a color, filtros de cigarrillos, tejidos sintéticos, aceite, restos de barrido.

Es un proceso biológico controlado de oxidación que reduce el residuo a un valor cercano al 25% en promedio y obtiene como producto comercializable “el compost” un abono orgánico que puede complementar o sustituir total o parcialmente los fertilizantes químicos. Se recomienda para jardinería urbana, paisajismo, control de erosión y recuperación de suelos.

5.4 Aprovechamiento energético de residuos (Waste to Energy – WtE)

El aprovechamiento energético de los residuos es el proceso mediante el cual se hace generación de energía en forma de electricidad, calor o combustible como metano, metanol, etanol, o combustibles sintéticos a través de diferentes clases de tecnologías disponibles de diferentes escalas y complejidad. De acuerdo con la guía para la toma de decisiones frente al aprovechamiento energético de los residuos, desarrollada por la GIZ¹, esta clase de aprovechamiento “Puede incluir la producción de gas para cocina en digestores domésticos a partir de residuos orgánicos, la recolección de gas metano de rellenos sanitarios, el tratamiento térmico de residuos en plantas de incineración del tamaño de una compañía de servicios, el coprocesamiento de Combustible Derivado de Residuos (CDR) en plantas cementeras o la gasificación.”

El proceso térmico, comúnmente conocido como Waste to Energy -WtE-, fue implementado en Europa desde comienzos del siglo XX, posteriormente se construyeron algunas instalaciones en Estados Unidos y recientemente en Asia, utilizando la técnica de incineración. Actualmente, esta tecnología cuenta con la menor cantidad de emisiones de toda la industria de tratamiento de residuos, razón por la cual los documentos de referencia BREF europeos para incineración de residuos, declararon la incineración de residuos en rejillas con una correcta limpieza de los gases de

¹ “Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos”.

combustión como “Mejor Tecnología Disponible”².

La implementación de tecnologías WtE permite combatir problemas evidentes en economías emergentes tales como la escasez en la generación de energía eléctrica, espacios limitados para rellenos sanitarios, y las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la disposición inapropiada de residuos. No obstante, y conforme lo establece la GIZ en la guía, “la introducción de tecnologías WtE a menudo peligra a causa de obstáculos comunes, tales como la falta de sistemas tarifarios para fondear los costos de inversión y de operación, la aplicación insuficiente de la legislación ambiental y el número limitado de personal calificado para la operación eficiente y efectiva de los sistemas instalados.”

6 Emisiones de GEI del sector residuos

6.1 Línea base y escenario BAU

El ámbito de actuación de la presente NAMA de Residuos Sólidos Municipales corresponde a la gestión de residuos sólidos municipales a nivel de relleno sanitario, que es el sistema de disposición final que predomina en la operación del 78% de los municipios de la geografía nacional y conglomerada el 97% de los residuos sólidos provenientes del servicio público de aseo, (SSPD-DNP, 2018).

Así, para el cálculo de la línea base de emisiones se seleccionaron las siguientes coberturas temporal, geográfica y tecnológica:

- **Cobertura temporal:** para realizar la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero se requieren datos históricos de eliminación de residuos sólidos, por lo que se tomó como referencia para obtener los datos la información disponible para el período comprendido entre el **inicio de la actividad en cada relleno sanitario hasta el año 2019**, a partir del Sistema Único de

Información (SUI) e información de la encuesta a rellenos sanitarios ejecutada durante el proyecto.

- **Cobertura geográfica:** para efectos de este análisis se tendrán en cuenta datos desglosados para 22 rellenos sanitarios seleccionados para el proyecto y que dan cobertura a la gestión de un 80% de los residuos sólidos tratados en relleno sanitario anualmente en Colombia.

Los rellenos sanitarios y departamentos que forman parte de la línea base de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales son: Doña Juana, Bogotá D.C.; Pradera, Antioquia; Colomba El Guabal de Yotocó, Valle del Cauca; Parque Ambiental Los Pocitos, Atlántico; Parque Ambiental Loma de Los Cocos, Bolívar; Nuevo Mondoñedo, Cundinamarca; Sitio de disposición final El Carrasco, Santander; Parque Tecnológico Ambiental Guayabal, Norte de Santander; Regional Presidente, Valle del Cauca; La Glorita, Risaralda; Loma Grande, Córdoba; Parque Ecológico Reciclante, Meta; Parque Ambiental Palangana, Magdalena; Los Corazones, Cesar; Parque Industrial de Residuos Sólidos La Miel, Tolima; El Oasis, Sucre; Parque Tecnológico Ambiental Antanas, Nariño; Parque Ambiental Pírgua, Boyacá; La Esmeralda, Caldas; Parque Ambiental Andalucía, Quindío; El Clavo, Atlántico y Los Picachos, Cauca.

6.1.1 Metodología

El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de metano (CH₄). Además del CH₄, los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) producen también dióxido de carbono biogénico (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). El CH₄ producido en los SEDS contribuye con

² Las actuales plantas de WtE pueden alcanzar entre 25-31% de eficiencia eléctrica neta, mayor que la de otras alternativas tecnológicas.

aproximadamente un 3 a un 4 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas mundiales anuales (IPCC, 2001).

La metodología empleada para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al tratamiento de los residuos sólidos municipales en Colombia, ha sido la propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés): **las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, del volumen 5, eliminación de desechos sólidos**, que se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD). En este método se formula la hipótesis de que el componente orgánico degradable (carbono orgánico degradable, COD) de los desechos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el CH₄ y el CO₂. Si las condiciones permanecen constantes, el índice de producción del CH₄ depende únicamente de la cantidad de carbono restante en los desechos.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) utiliza el concepto de **potencial de calentamiento global (PCG)** para comparar la capacidad que distintos gases tienen para atrapar el calor en la atmósfera en comparación con el dióxido de carbono. Para efectos del metano (CH₄) el poder o potencial calorífico es 28 veces mayor respectivamente con base en el dióxido de carbono (CO₂), según el Quinto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático (AR5).

Para ajustar algunos parámetros utilizados en la metodología del IPCC al clima colombiano se ha utilizado los índices de generación de metano del **Modelo Colombiano de Biogás Versión 1.0**. Este modelo, también basado en el método de descomposición de primer orden (FOD) permite matizar parámetros por regiones climáticas colombianas que en la metodología del IPCC serían homogéneos para toda Colombia.

6.1.2 Datos de base para el cálculo

Para la determinación del inventario de gases de efecto invernadero se elaboró una base de datos que recoge entre otra la siguiente información a nivel de relleno sanitario:

Tabla 1. Datos de base y fuente para su obtención

Datos necesarios	Fuente obtención datos
Toneladas residuos sólidos dispuestas anualmente (desde inicio de actividad)	Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) Encuesta a rellenos sanitarios Población municipal histórica y proyección hasta 2035 (CNPV 2018)
Caracterización residuos sólidos de los R.S.	Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) Excel compilado fichas, Minvivienda Encuesta a rellenos sanitarios
CH ₄ recuperado con técnicas de aprovechamiento	Datos obtenidos en visitas técnicas año 2018 Encuesta rellenos sanitarios Datos de reducciones reportadas en proyectos presentados al Clean Development Mechanism (CDM)

Fuente: elaboración propia

Mediante el cuestionario a los rellenos sanitarios se obtiene información complementaria para el cálculo de la línea base entre ellos, factores que determinan la cantidad de metano recuperado como: área del relleno cubierta por sistema de captura; profundidad de los residuos; tipo de cobertura aplicada; recubrimiento inferior; compactación de residuos y manejo de lixiviados.

Para estimar las toneladas de residuos que recibirán los residuos en los próximos años hasta 2030 se utilizan dos factores

determinantes o drivers: población atendida y ratio de residuo por habitante. Del cruce de población anual esperada y relación de residuo tratado por habitante se obtienen las toneladas de residuo tratado esperado hasta 2030 para cada relleno sanitario.

Además de estos factores determinantes o drivers también se incluyen otros relacionados con políticas públicas de gestión de residuos para estimar el volumen de residuos tratados anualmente hasta 2030 para cada relleno.

6.1.3 Determinación de la huella de carbono para el sector

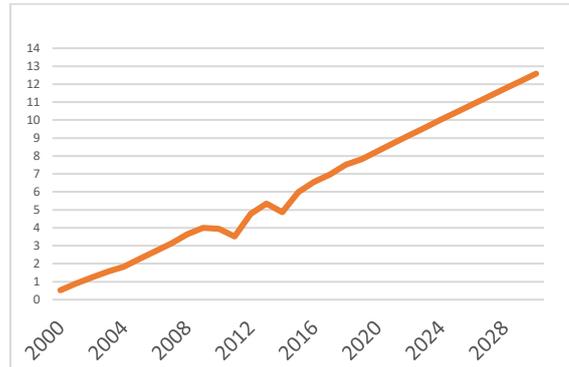
A partir de esta base de datos por relleno y del modelo de cálculo incluido en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para estimar las emisiones de metano de los sitios de eliminación de desechos sólidos, se determina la línea base de emisiones de CH₄. Los factores que determinan la cantidad de metano producido en los rellenos sanitarios son:

- Cantidad y composición de residuos.
- Periodo de vida de los residuos e índice degradación de residuos.
- Profundidad de los residuos y prácticas de manejo.

6.1.4 Resultados

Se estima que las emisiones actuales (2020) del total de rellenos sanitarios analizados son de 8,26 Mton de CO₂ equivalente anuales y ascenderán en los próximos años hasta alcanzar los 12,59 Mton de CO₂ equivalente anuales en 2030.

Figura 4: Emisiones línea base totales (Mt CO₂eq)



Fuente: elaboración propia de la consultoría

El principal aportador de emisiones es claramente el relleno sanitario Doña Juana. Su alto volumen de residuos tratados hace que la producción de metano prevista alcance los 2,69 Mton de CO₂eq anuales en 2030, un 21,4% del total previsto en el conjunto de 22 rellenos sanitarios. También destacan las aportaciones de los rellenos sanitarios Pradera y El Guabal de Yocotó con 1,85, y 1,21Mton de CO₂eq anuales en 2030 respectivamente. Estos 2 rellenos sanitarios aportan el 24,37 % de las emisiones previstas en la línea base y junto al de Doña Juana representan el 45,78% del total de emisiones previstas. En un segundo nivel los rellenos de Parque Ambiental Los Pocitos, Parque Ambiental Loma de Los Cocos y Nuevo Mondoñedo aportan cada uno entre el 5 y el 7% de emisiones totales mientras que el resto de 16 rellenos agrupados aportan el 36,16%.

6.2 Escenarios de implementación y operación de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales

6.2.1 Metodología

Para la estimación de las emisiones en aplicación de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales se definió un marco conceptual que permite identificar las diferentes rutas de acción en los sitios de disposición evaluados.

Este marco incluye inicialmente, la descripción de las distintas alternativas de acción en la disposición de residuos sólidos dependiendo de la naturaleza e historia de cada sitio, toma en cuenta los esfuerzos y tipología actual de tratamiento en los sitios priorizados.

El marco conceptual, busca identificar las especificidades de evaluación para cada caso, así como identificar las mejores rutas probables en términos de escenarios de implementación. Parte de considerar las acciones detalladas de cada uno de los sitios de disposición, así como la identificación previamente realizada en el modelo BAU (Tipologías IPCC, ventanas temporales de vida, vida útil del sitio) de sus elementos estructurales. Para la evaluación del potencial de mitigación de los escenarios alternativos al BAU **se empleó una adaptación de la herramienta denominada MRS-GEI**, la cual ha sido desarrollada por el instituto IFEU, y que **sigue el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y los fundamentos y lineamientos, basados en la estructura de las guías del IPCC 2006.**

Supuestos para Escenarios

La metodología de cálculo utilizada para definir los escenarios toma la línea base como insumo único e incluye por defecto los supuestos propios de la metodología del IPCC de descomposición de primer orden y del Modelo Colombiano de Biogás.

Cada escenario propuesto tipifica una solución en base a la situación actual de los rellenos sanitarios, acorde con los objetivos del desarrollo de la NAMA RSM.

- El **escenario 1**, propone la acción viable técnicamente, que da continuidad al desarrollo que actualmente tiene cada sitio de disposición. Para este escenario, en algunos clústeres por tipología se propone uno o varias acciones y transformaciones tecnológicas. Este escenario se focaliza en la reducción de GEI ocasionado en los rellenos sanitarios por los residuos que ya han sido dispuestos.
- El **escenario 2**, concentra su acción en mitigar los GEI ocasionados por la fracción de residuos frescos de origen vegetal, aquellos que de acuerdo con la resolución 2184 de 2019 del Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible deben ir en bolsa verde.

- El **escenario 3**, propone la acción más contundente frente a la reducción de GEI. Este escenario será el más ambicioso frente a esfuerzos tecnológicos y financieros. El escenario tres tiene el foco en mitigar los GEI producidos por la fracción de residuos “no aprovechables”, que llegan en bolsa negra a los rellenos sanitarios.

Se considera importante aclarar que, aunque los escenarios se construyeron de forma independiente, en cuanto a costos y reducción de emisiones, en la realidad la mayor mitigación se lograría al implementar los 3 en su conjunto.

Para la implementación de las acciones de mitigación contempladas en los 3 escenarios definidos, se establecieron **dos líneas estratégicas de mitigación** que contienen las diversas acciones de la NAMA RSM de Colombia, como se ilustra a continuación:

I Línea estratégica Mitigación de GEI para RSM ya dispuestos

- **RGV+Q:** RGV y quema. Promover e implementar en los rellenos sanitarios, que no tengan, la recolección de los gases y su quema.
- **RGVQ+AE:** RGV con quema y aprovechamiento energético del Biogás. Fomentar e implementar el aprovechamiento del Biogás mediante la tecnología de generación eléctrica, para aquellos rellenos sanitarios que ya disponen de una infraestructura de recolección y quema.
- **OAEB** Optimización de aprovechamiento energético del Biogás. Para aquellos rellenos sanitarios que ya poseen un sistema de aprovechamiento energético del biogás se propone realizar un diagnóstico y optimización del sistema de aprovechamiento.

II Línea estratégica Mitigación de GEI para RSM frescos que llegan a los sitios de disposición final.

- **TM+OBC:** Optimización Tratamiento mecánico o separación en fuente con tratamiento biológico y compostaje. Mantener y fomentar los sistemas existentes de TM o separación en la fuente + tratamiento biológico y compostaje.
- **TM + BC:** Tratamiento mecánico o separación en fuente con tratamiento biológico aerobio de Compostaje. Mantener y promover los sistemas existentes de TM ó separación en la fuente + compostaje.
- **WtE,** termovalorización eléctrica. Fomentar y promover la implementación de plantas de aprovechamiento energético de los RSM como alternativa y complemento a los rellenos sanitarios.

A partir del desarrollo del modelo BAU, basados en las fichas y lineamientos del IPCC 2006, con la metodología de Descomposición de Primer Orden (FOD por sus siglas en inglés), se genera el desarrollo de los escenarios, que toma en cuenta la categorización de estas tipologías, para el cálculo de los diferentes escenarios se da paso a los cálculos y valoraciones de curvas de reducción para cada caso. Como una de las alternativas de generación de los cálculos, basados igualmente en la metodología FOD se utiliza la herramienta denominada MRS-GEI, la cual ha sido desarrollada por el instituto IFEU, patrocinada por el Banco de Desarrollo KfW (Cooperación Financiera Alemana), en cooperación con la GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo) y financiada con fondos aportados por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania. **El modelo implementado toma como base los fundamentos y lineamientos utilizados en el país, basados en la estructura de IPCC 2006 y en concordancia con la forma de cálculo intrínseca de este.**

6.2.2 Potencial de reducción de GEI total de la NAMA

Basados en los cálculos realizados bajo las metodologías descritas anteriormente, se generó el potencial de reducción de GEI para cada uno de los sitios de disposición en tres escenarios partiendo del BAU. El potencial de mitigación está referido a la diferencia entre el escenario BAU y los escenarios alternativos. El valor encontrado en cada escenario muestra la proyección del esfuerzo de implementación de las distintas tecnologías aplicadas por tipología. Este valor permite cuantificar y planificar hacia el año 2030 con respecto a la línea base establecida.

Para la realización de la estimación del potencial de reducción de emisiones de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales de Colombia debe tenerse en cuenta la tipología por sitio de disposición y tecnologías sugeridas en cada caso. En la Tabla 2 se indican los resultados para 22 sitios de disposición priorizados. Los porcentajes de reducción están indicados al 2030 con respecto al BAU establecido.

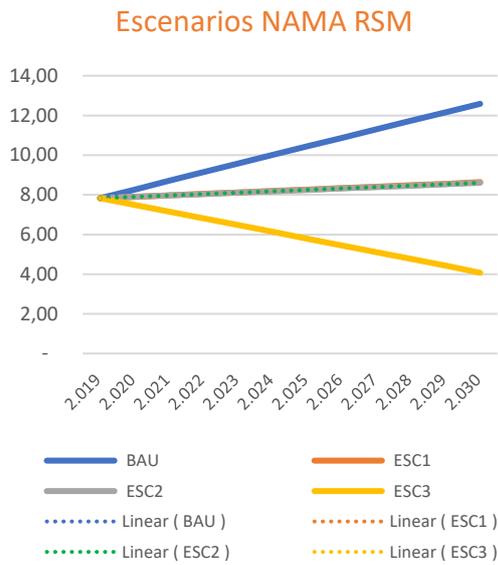
Tabla 2 Mton CO_{2eq.} por escenarios para los quinquenios 2025 y 2030

Mton CO _{2eq.}					
	2.020	2.025	2.030	Reduc.	% reduc.
BAU	8,26	10,45	12,59	-	-
E1	7,90	8,26	8,64	-3,95	31,4%
E2	7,90	8,25	8,61	-3,97	31,6%
E3	7,49	5,79	4,07	-8,52	67,7%

Fuente: elaboración propia

El modelo de curvas de reducción global de la NAMA RSM para Colombia se presenta en la figura a continuación. Cada una de estas, sintetiza las acciones de mitigación propuestas para cada escenario y recoge las tipologías y clústeres de acciones con proyección al año 2030.

Figura 5: Escenarios NAMA RSM



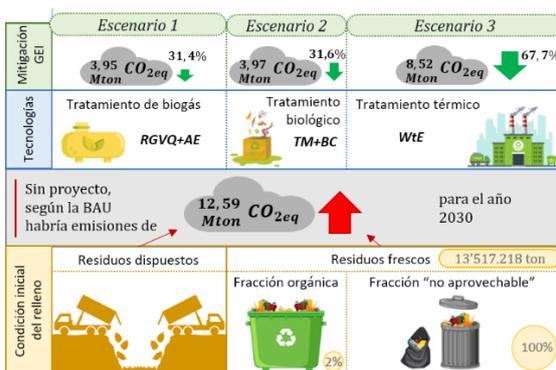
Fuente: elaboración propia

7 Medidas y acciones de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales

7.1 Proyectos y acciones de mitigación

Una vez revisada la información recopilada de los distintos sitios de disposición final en el país, la cantidad de residuos que procesan, su impacto ambiental en GEI se construyó el modelo de mitigación NAMA RSM de Colombia representado a continuación:

Figura 6: Diagrama de relación de escenarios de mitigación con las tecnologías y tipos de residuos



Fuente: elaboración propia de la consultoría

Para la implementación de las acciones de mitigación se establecieron dos líneas estratégicas de mitigación que contienen las diversas acciones de la NAMA RSM de Colombia:

- **I Línea estratégica Mitigación de GEI para RSM ya dispuestos (escenario 1)**
- **II Línea estratégica Mitigación de GEI para RSM frescos que llegan a los sitios de disposición final (escenarios 2 y 3)**

A continuación, se presentan las fichas resumen de las diferentes medidas y acciones propuestas dentro de las líneas estratégicas priorizadas para la NAMA RSM de Colombia.

7.1.1 I Línea estratégica Mitigación de GEI para RSM ya dispuestos

A continuación, se describen las tres acciones de mitigación de GEI para RSM ya dispuestos:

Tabla 3 Acción RGV+Q

CÓDIGO	RGV+Q
ACCIÓN	RGV y quema Promover e implementar en los rellenos sanitarios, que no tengan, el sistema de recolección de los gases y su quema.
MITIGACIÓN	Directa
POTENCIAL MITIGACIÓN	El potencial de mitigación depende de la edad, homogeneidad y caracterización de los residuos dispuestos, por lo cual cada relleno tendrá su particular potencial de mitigación. La acción pretende además incrementar la estabilidad del relleno y por ende aumentar la seguridad de su operación y minimizar el impacto ambiental sobre los alrededores del sitio de disposición.
PROCESOS IMPLICADOS	Proceso de disposición de los residuos y las etapas de clausura y postclausura en la operación del relleno sanitario respectivo.
PRINCIPALES BARRERAS	Viabilidad financiera incierta, por los precios de los CERTs.
MRV (Medición)	Cantidad de rellenos sanitarios RS con la medida implementada. % de rellenos sanitarios en el país con la medida implementada. Cantidad (ton) de Emisiones de CO _{2eq} reducidas por implementación de la medida.
CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN	Todos los rellenos, para poder requerir modificación a licencias ambientales, han de

	<p>implementar este sistema de mitigación de gases efecto invernadero, según decreto 1784 de 2017.</p> <p>Se prioriza la implementación en los rellenos de mayor categoría según el mismo decreto anterior.</p>
RECURSOS DE APOYO	<p>Capacitación, divulgación, sensibilización y exhortos, de ser necesario, de las autoridades ambientales al cumplimiento de la normatividad vigente.</p>

Fuente: elaboración propia de la consultoría

Tabla 4 Acción RGVQ + AE

CÓDIGO	RGVQ+AE
ACCIÓN	<p>RGV con quema y aprovechamiento energético del Biogás</p> <p>Fomentar e implementar el aprovechamiento del Biogás principalmente mediante la tecnología de generación eléctrica, para aquellos rellenos sanitarios que ya disponen de una infraestructura de recolección y quema.</p>
MITIGACIÓN	<p>Directa e indirecta y evitada</p>
POTENCIAL MITIGACIÓN	<p>El potencial de mitigación depende de la edad y homogeneidad de los residuos dispuestos, y de la composición del biogás captado.</p> <p>La acción pretende además de las ya expuestas para la RVG+Q, generar una mitigación indirecta por no consumo y si producción de energía eléctrica y además una mitigación evitada al poner a disposición de la red eléctrica el excedente de energía.</p>
PROCESOS IMPLICADOS	<p>Proceso de disposición de los residuos y las etapas de clausura y postclausura en la operación del relleno sanitario respectivo.</p>
PRINCIPALES BARRERAS	<p>Viabilidad financiera incierta, por los precios de los CERTs y los costos de las unidades de depuración requeridas para implementar el aprovechamiento.</p> <p>Precios del kWh generado, falta de incentivo expreso a este tipo de generación eléctrica.</p> <p>Viabilidad técnica, por el tiempo de captación del biogás, si aún se genera en cantidades suficientes para su explotación económica –fase biológica Metanogénica estable, 2 a 10 años después de haber dispuesto el residuo.</p>

MRV (Medición)	<p>Cantidad de rellenos sanitarios RS con la medida implementada.</p> <p>% de rellenos sanitarios en el país con la medida implementada.</p> <p>Cantidad (ton) de Emisiones de CO₂eq reducidas por implementación de la medida</p> <p>Cantidad de kWh/año generados.</p>
CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN	<p>Cantidad y caracterización del biogás generado en el relleno sanitario respectivo.</p>
RECURSOS DE APOYO	<p>Capacitación, divulgación, sensibilización.</p>

Fuente: elaboración propia de la consultoría

Tabla 5 Acción OAEB

CÓDIGO	OAEB
ACCIÓN	<p>OAEB Optimización del sistema de aprovechamiento de biogás captado existente</p> <p>Fomentar e implementar el aprovechamiento del Biogás principalmente mediante la tecnología de generación eléctrica, para aquellos rellenos sanitarios que ya disponen de una infraestructura de recolección y quema.</p>
MITIGACIÓN	<p>Directa e indirecta y evitada</p>
POTENCIAL MITIGACIÓN	<p>El potencial de mitigación depende de la cantidad adicional de energía generada al implementar el sistema de optimización.</p> <p>La acción pretende, con base en un diagnóstico del sistema de aprovechamiento de biogás existente diversificar o ampliar la cantidad de biogás aprovechado y por ende la capacidad de generación eléctrica obtenida.</p>
PROCESOS IMPLICADOS	<p>Además del proceso de disposición de los residuos y las etapas de clausura y postclausura en la operación del relleno sanitario respectivo depende del sistema y procesos de aprovechamiento de biogás captado que se lleve actualmente.</p>
PRINCIPALES BARRERAS	<p>Precios del kWh generado, falta de incentivo expreso a este tipo de generación eléctrica.</p> <p>Eficiencia del aprovechamiento hasta ahora realizado.</p>
MRV (Medición)	<p>Cantidad de rellenos sanitarios RS con la medida implementada.</p> <p>% de rellenos sanitarios en el país con la medida implementada.</p>

	Cantidad (ton) de Emisiones de CO _{2eq} reducidas por implementación de la medida. Cantidad de kWh/años adicionales generados.
CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN	Es una acción propuesta para los rellenos que ya disponen de un sistema de aprovechamiento, tendrían prioridad aquellos rellenos donde el sistema sea más ineficiente o por alguna razón no se esté utilizando el aprovechamiento y este en sólo quema del biogás.
RECURSOS DE APOYO	Capacitación, divulgación, sensibilización.

Fuente: elaboración propia de la consultoría

7.1.2 II Línea estratégica Mitigación de GEI para RSM frescos que llegan a los sitios de disposición final

Tabla 6 Acción TM+OBC

CÓDIGO	TM+OBC
ACCIÓN	Optimización Tratamiento mecánico o separación en fuente con tratamiento biológico y compostaje. Mantener y fomentar los sistemas existentes de TM o separación en la fuente + tratamiento biológico con compostaje.
MITIGACIÓN	Directa y evitada, con posibilidad de Indirecta.
POTENCIAL MITIGACIÓN	El potencial de mitigación depende de la eficiencia y eficacia en la separación del residuo de origen vegetal. La acción pretende además promover la siguiente etapa del tratamiento con la creación y fomento de mercados para el producto de la tecnología y lograr una mitigación indirecta por el reemplazo de un producto en el mercado (abono químico).
PROCESOS IMPLICADOS	Proceso de separación en la fuente de los RSM, proceso de recepción y separación de residuos de origen vegetal en el RS.
PRINCIPALES BARRERAS	Viabilidad financiera incierta, por los precios de los subproductos y los costos de las unidades de depuración requeridas para implementar el aprovechamiento energético. El esquema tarifario vigente, no contempla para este tipo de procesos los costos

	ambientales, entre ellos el de la mitigación de GEI. En el proceso biológico, elevada exigencia de la calidad del insumo, rigurosa clasificación del componente vegetal. Tiempo requerido para la obtención del producto y necesidad de áreas de almacenaje.
MRV (Medición)	Cantidad (ton) de Emisiones de CO _{2eq} reducidas por implementación de la medida. Cantidad de residuos tratados. Cantidad de producto (abono) generado.
CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN	No Aplica
RECURSOS DE APOYO	Capacitación, divulgación, sensibilización.

Fuente: elaboración propia de la consultoría

Tabla 7 Acción TM+BC

CÓDIGO	TM+BC
ACCIÓN	Tratamiento mecánico o separación en fuente con tratamiento biológico aerobio de Compostaje. Mantener y promover los sistemas existentes de TM o separación en la fuente + Compostaje.
MITIGACIÓN	Directa y evitada
POTENCIAL MITIGACIÓN	El potencial de mitigación depende de la eficiencia y eficacia en la separación del residuo de origen vegetal. La acción pretende además promover la creación y fomento de mercados para el producto de la tecnología Humus, compost, fertilizante orgánico.
PROCESOS IMPLICADOS	Proceso de separación en la fuente de los RSM, ruta selectiva para la recolección y transporte a planta de tratamiento, proceso de recepción y separación de Residuos de origen vegetal en el RS.
PRINCIPALES BARRERAS	El proceso biológico es de elevada exigencia en la calidad y homogeneidad del insumo, rigurosa clasificación del componente vegetal. Para grandes cantidades de residuos se obtiene por correlación directa elevadas cantidades de producto – compost- que requiere a su vez grandes áreas de almacenamiento y mercado asegurado de consumo. La ubicación de las plantas debe

	<p>estar cerca a los usuarios potenciales, de lo contrario los costos de transporte lo puede volver inviable.</p> <p>El esquema tarifario vigente, no contempla para este tipo de procesos los costos ambientales, entre ellos el de la mitigación de GEI.</p>
MRV (Medición)	<p>Cantidad de rellenos sanitarios RS con la medida implementada.</p> <p>% de rellenos sanitarios en el país con la medida implementada.</p> <p>Cantidad (ton) de Emisiones de CO_{2eq} reducidas por implementación de la medida.</p> <p>Cantidad de compost o humus generado.</p> <p>Cantidad de fertilizante líquido generado.</p>
CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN	<p>Regiones de fácil mercadeo de los productos obtenidos en la aplicación tecnológica.</p> <p>Sitios de disposición final que hayan implementado la acción de mitigación, para su optimización.</p>
RECURSOS DE APOYO	<p>Capacitación, divulgación, sensibilización.</p>

Fuente: elaboración propia de la consultoría

Tabla 8 Acción

CÓDIGO	WtE
ACCIÓN	<p>Tratamiento térmico WtE (termovalorización eléctrica)</p> <p>Fomentar y promover la implementación de plantas de aprovechamiento térmico-energético de los RSM como alternativa y complemento a los rellenos sanitarios.</p>
MITIGACIÓN	<p>Directa, indirecta y evitada</p>
POTENCIAL MITIGACIÓN	<p>El potencial de mitigación depende principalmente de la caracterización fisicoquímica de los residuos. Básicamente Poder calorífico inferior (Mj/kg) y porcentaje de humedad relativa.</p> <p>La cantidad de residuos que llegan a los rellenos de gran capacidad, la característica de recibir el residuo mezclado, la eliminación de la generación de metano, y de lixiviados, el tiempo que dura el tratamiento, y la opción de generar significativas cantidades de energía eléctrica (kWh) elevan su potencial de mitigación de CO_{2eq} tanto por mitigación</p>

	<p>indirecta como por mitigación evitada.</p>
PROCESOS IMPLICADOS	<p>El proceso de disposición final se reduce a la cantidad de rechazo de la planta de Termovalorización, -cenizas-, lo cual aumenta la vida útil de los sitios de disposición final y los hace más amigables con el ambiente al sólo disponer residuos inertes, ya tratados.</p>
PRINCIPALES BARRERAS	<p>Los costos de inversión y operación son elevados, se requiere una buena capacidad financiera. Prejuicios de ambientalistas con la tecnología. No está el propósito establecido explícitamente en los diferentes municipios en los planes de ordenamiento territorial y en los Planes de Gestión integral de residuos sólidos urbanos, Falta de incentivos al valor del kWh generado mediante esta tecnología.</p> <p>El esquema tarifario vigente, no contempla para los rellenos sanitarios los costos ambientales que se genera, entre ellos los costos de la mitigación de los GEI, lo cual la convierte en la tecnología de menor costo y desincentiva la entrada de tecnologías más amigables con el ambiente, como la WtE.</p>
MRV (Medición)	<p>Cantidad de rellenos sanitarios RS con la medida implementada.</p> <p>% de rellenos sanitarios en el país con la medida implementada.</p> <p>Cantidad (ton) de Emisiones de CO_{2eq} reducidas por implementación de la medida.</p> <p>Cantidad de residuos sólidos municipales procesados.</p> <p>Cantidad de material ferroso y no ferroso recuperado.</p> <p>Cantidad de escorias recuperadas.</p> <p>Cantidad de kWh/año generados.</p>
CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN	<p>Categoría del relleno sanitario (decreto 1784 de 2017) a mayor categoría, mayor prioridad. Vida útil licenciada vencida o próxima a vencerse del sitio de disposición final.</p>
RECURSOS DE APOYO	<p>Capacitación, divulgación, sensibilización.</p>

Fuente: elaboración propia de la consultoría

8 Identificación Co-beneficios

El propósito de las NAMAs es ayudar a desligar la generación de GEI del desarrollo y crecimiento económico de los países, por medio del diseño e implementación de acciones de mitigación apropiadas, que durante su implementación generen impactos positivos significativos a nivel ambiental, económico y social (Econometría, en MADS 2014).

Los co-beneficios se han entendido, en el marco de la gestión del cambio climático, como beneficios paralelos a la reducción de los Gases de Efecto Invernadero -GEI-, los cuales emergen a raíz de la implementación de una política, programa, proyecto, acción o medida de mitigación. Usualmente, estos beneficios alternos al objetivo central, están asociados a los objetivos de desarrollo sostenible y equidad en las estrategias de mitigación con enfoque de desarrollo bajo en carbono y en las estrategias de adaptación con enfoque de desarrollo resiliente al clima. Los co-beneficios también pueden representarse como los costos evitados dentro de una comunidad consecuencia de los proyectos de la NAMA y sus acciones específicas (Santucci et al. 2015); (Mitchell y Maxwell, 2010 en LEDS-LAC, 2017).

La importancia en la medición de los co-beneficios radica en la utilidad a la hora de vincular actores públicos y privados en la decisión de implementación de las medidas. Contar con una cuantificación y/o cualificación de los co-beneficios permite realizar una valoración completa tanto de los beneficios directos e indirectos de las medidas para su comparación con los costos de adelantarlas. También, pueden apoyar y ayudar a avanzar hacia los objetivos nacionales e internacionales de desarrollo (Icontec 2016). En últimas los co-beneficios sirven para fortalecer la razón política de la NAMA, alineadas con las contribuciones nacionales y el deseo internacional de obtener soporte en el diseño y financiación de las acciones de mitigación y los beneficios de desarrollo (Santucci et al. 2015).

Tabla 9: Tipos de co-beneficios conforme a cada categoría orientada por ámbito de impacto

Tipo de co-beneficio	Descripción
Económicos	Si bien la mayoría de los cobeneficios valorados económicamente, se consideran cobeneficios económicos los que se presentan cuando el resultado trae un cambio en los ingresos o en los costos, incluidos los riesgos, de agentes particulares de la economía
Sociales	Se dan cuando los resultados de la medida implican un cambio en la calidad de vida de los individuos de una comunidad o de la sociedad en general, que no vienen expresados en términos monetarios
Ambientales	Cuando el resultado está definido a través de cambios o cambios evitados en bienes o servicios ambientales
Institucionales	Cuando la medida actúa sobre las reglas de juego de la sociedad y permite mejorar el actuar de entidades y organizaciones, o ayuda a cumplir sus objetivos y metas. Este tipo de cobeneficios es transversal y generalmente son cualitativos

Fuente: Econometría, en MADS, 2014

Algunos de los co-beneficios identificados y analizados en este ejercicio se presentan a continuación.

Figura 7 Extracto de Co-beneficios identificados en la NAMA RSM



Fuente: elaboración propia de la consultoría

9 Requerimientos y Mecanismos de Financiación de la NAMA

9.1 Costos de la NAMA RSM

Para poder implementar las acciones de mitigación consignadas en la NAMA RSM, se debe incurrir en unos costos básicos que están clasificados en dos grupos. El primer grupo lo constituyen los costos de los proyectos que se generan al implementar las acciones de mitigación planteadas, según el modelo de escenarios consignados en el documento completo de la NAMA. Son costos de mano de obra involucrada en cada tecnología a implementar, infraestructura, equipos, insumos y recursos, administrativos y de personal, y los costos correspondientes a los estudios, de pre y factibilidad, ingeniería, desarrollo y gestión ante autoridades correspondientes, para lo cual se han utilizado valores de referencia de plantas instaladas y en operación bien sea nacional o internacionalmente, según la tecnología correspondiente.

El segundo grupo de costos hace referencia a todas las actividades de divulgación, coordinación y promoción de las acciones de la NAMA RSM con los diferentes actores del servicio público de Aseo, Municipios, operadores, e instituciones de vigilancia y control. Son básicamente costos administrativos, de personal, de eventos de capacitación y socialización. Se han llamado a estos costos de gobernanza de la NAMA RSM. Se utilizan referentes nacionales.

Los costos han sido calculados por escenarios de mitigación y por relleno sanitario, en cambio a continuación se presentan los costos agregados para cada uno de los escenarios. **En síntesis, las acciones de la NAMA RSM tienen los siguientes costos:**

- Costo previo a la implementación de las tecnologías: \$USD 8.202.816
- Costo de implementar el escenario 1: \$USD 83.834.007
- Costo de implementar el escenario 2: \$USD 14.212.287

- Costo de implementar el escenario 3: \$USD 6.330.872.264
- **Costo total: \$USD 6.437.121.374**

Este valor engloba todas las acciones de mitigación previstas para cada uno de los sitios contemplados en la NAMA, incluyendo los costos de implementación de cada uno de los escenarios y costo de estudios previos para cada sitio de disposición final.

9.1.1 Cronograma de inversiones

El cronograma de desarrollo de la NAMA RSM está ligado a las inversiones necesarias para la implementación de cada una de las tecnologías. Se estima que los estudios de prefactibilidad y factibilidad inicien en el primer trimestre del 2021 y concluyan en el cuarto trimestre del 2021 para los proyectos RGV+Q, RGVQ+AE, OAEB y TM+BC.

Por la complejidad de los proyectos WtE esta fase tendrá una duración de 5 trimestres iniciados a partir del primer trimestre de 2021. En el caso del proyecto TM+ OBC tendrá una duración de 4 trimestres iniciados en el tercer trimestre del 2021.

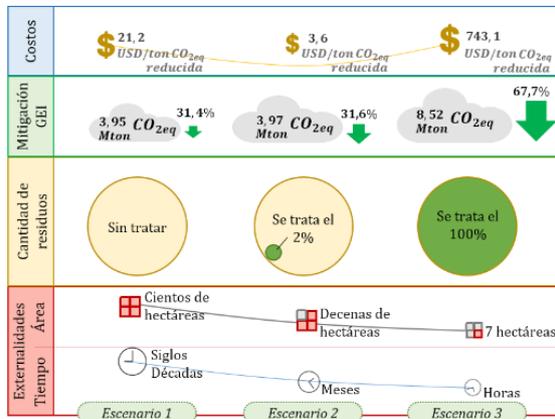
9.2 Análisis Costo – Beneficio de la NAMA

Una vez presentados los costos implícitos en la implementación de la NAMA de RSM y teniendo presente el Potencial de Reducción de GEI en cada uno de los escenarios planteados para los quinquenios entre 2020 y 2030, es posible evaluar cada escenario e identificar los beneficios que presenta en relación con la inversión proyectada para los volúmenes de RSM en 2030.

De acuerdo con los cálculos realizados por esta consultoría, los beneficios de la implementación de la NAMA de RSM puede cuantificarse y proyectarse en unidades correspondientes a toneladas de GEI reducidas por la implementación de las tecnologías recomendadas. Teniendo en cuenta los costos presentados en el capítulo anterior, el objetivo de este análisis es identificar una relación que permita medir cuánto cuesta reducir una tonelada GEI.

Se presenta a continuación la relación de los costos y de la capacidad de mitigación para cada uno de los escenarios contemplados en el modelo.

Figura 8: Mitigación y costos por escenarios NAMA RSM



Fuente: elaboración propia de la consultoría

Para el **escenario 1**, que aprovecha el biogás producido por los residuos ya dispuestos o enterrados, un costo de \$21.2USD/ton CO_{2eq} reducida, con una capacidad de reducción del 31.4% de los GEI que para el año 2030 generarían los rellenos sanitarios.

Para el **escenario 2**, que trata la fracción de RSM de origen vegetal separados en fuente, un costo de \$USD3.6 /ton CO_{2eq} reducida, con una capacidad de reducción de 31.6% de los GEI que para el año 2030 generarían los rellenos sanitarios, de no tratarse los residuos frescos orgánicos.

Para el **escenario 3**, que trata la fracción “no aprovechable” de RSM separados en fuente en bolsa negra, un costo de \$USD 743.1 /ton CO_{2eq} reducida, con una capacidad de reducción del 67.7% de los GEI que para el año 2030 generarían los rellenos sanitarios, si no se implementara ninguna acción de mitigación.

Es importante tener en cuenta, la cantidad de residuos que es tratada en el escenario 3, 100% de los residuos frescos, mientras que en el escenario 2 sólo se logra tratar el 2%, por las limitaciones de mercado del compost, las grandes cantidades de espacio requerido para su tratamiento y el tiempo empleado para obtener el producto. Por su parte el escenario

número 1, no trata residuos, se limita al aprovechamiento del biogás que produce la descomposición de los residuos dispuestos.

Otra externalidad la constituye la generación de lixiviados, los cuales parten de un máximo con la situación actual, tienen una generación proporcional al residuo tratado en el escenario 2 y una eliminación para el escenario 3.

Teniendo en cuenta los resultados acumulados de reducción de emisiones de CO_{2eq} para cada uno de los escenarios definidos por la NAMA y los costos asociados a la implementación de las tecnologías, se han obtenido los costos de reducir una tonelada de CO_{2eq} en cada relleno para cada escenario (estos datos pueden consultarse en el informe completo de la NAMA RSM).

9.3 Mecanismos y financiación de la NAMA de Residuos Sólidos Municipales

A partir de la capacidad y los servicios que ha desarrollado Findeter para redescuento de crédito y la administración/Gestión de recursos tanto públicos como privados, el uso de una herramienta para captar y administrar recursos dirigidos al financiamiento de la NAMA de RSM es totalmente compatible con la misión de Findeter de apoyar a las regiones en la implementación de sus Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático, prioritarios para garantizar un desarrollo resiliente y bajo en emisiones de GEI. El presente documento desarrolla los elementos fundamentales para el uso de instrumentos existentes en Findeter para la financiación del sector residuos y en particular como soporte a las NAMAs del sector residuos en Colombia.

La estructura de implementación de proyectos sigue la siguiente línea: como principal fuente de fondeo se recurre al Fondo Verde del Clima para financiar los proyectos mediante fideicomiso o cuentas independientes según considere Findeter para captar dichos recursos. La Entidad tiene la capacidad de utilizar estas herramientas para financiar las diferentes

etapas de proyecto. Como detalla el flujo de presentado, el objetivo es utilizar la herramienta de Fideicomiso a través de dos subcuentas (Fondo de Preinversión y Fondo de Inversión) para canalizar los recursos a las diferentes etapas del proyecto. Igualmente, en caso de así considerarlo, la Entidad podrá utilizar cuentas independientes que tengan como propósito financiar estas etapas para canalizar los flujos captados de las diferentes entidades detalladas. Así las cosas, dependiendo de la herramienta elegida, Findeter financiará en primera instancia la etapa de preinversión otorgando recursos para los estudios y permisos necesarios. La etapa de inversión de los proyectos se financiará posteriormente, incluyendo la compra de activos, capital de trabajo y otros requerimientos necesarios para el cierre financiero de los proyectos.

No solo se cuenta con fuentes de financiamiento como el Fondo Verde. También se puede contar con otras fuentes de financiación a parte en caso de ser requerirlos.

9.3.1 Operatividad y Gobernanza

La Findeter - Financiera de Desarrollo Territorial S.A. - es una entidad constituida por Ley 57 de 1989 y modificada por Decreto 4167 de 2011 cuenta con atributos en desarrollo de su objeto social para realizar operaciones como banco de segundo piso a favor de entes territoriales, entidades descentralizadas, áreas metropolitanas y asociaciones de municipios. Igualmente, de acuerdo con el numeral 1ro del artículo 270 del Estatuto Orgánico del Sistema Financiero, La Financiera de Desarrollo Territorial S.A., Findeter, es una entidad financiera de descuento.

La financiación de la NAMA de RSM operará a través de financiamiento por redescuento, que podrán ajustarse de acuerdo con modificaciones aprobadas por Findeter para atender las líneas de preinversión e inversión.

En esta propuesta de financiamiento no considera el uso de crédito directo dada la naturaleza de la entidad, sin embargo, Findeter puede explorar esta alternativa dirigida al financiamiento de entidades públicas a futuro. De igual manera, la NAMA de RSM no evalúa la alternativa de recurrir a créditos sindicados dada la complejidad asociada a este tipo de operaciones para financiamientos masivos, sin descartar que pueda ser una alternativa a evaluar a medida que avance el desarrollo y la implementación de la NAMA de RSM.

Facilidad de Asistencia Técnica y Preinversión

Esta línea de financiamiento de preinversión e inversión administrará recursos destinados a la asistencia técnica de proyectos que requieran desarrollar estudios técnicos de pre o factibilidad para llevar a cabo proyectos enmarcados en la NAMA RSM. Para dicho fin, se recurrirá al Fondo de Preinversión o a la utilización de los mecanismos independientes previamente constituidos en Findeter y se financiará estudios y diseños.

Facilidad de Financiación

Findeter determinará los instrumentos de financiación mediante los cuales participará en los proyectos asociados a la implementación de la NAMA RSM, así mismo determinará las condiciones de mercado (Tasa, plazos y alta concesionalidad), apetito de riesgo y condiciones habilitantes para generar movilización de recursos y ejecutar el mecanismo necesario de acuerdo con las líneas de financiamiento de la entidad.

De igual manera, determinará las fuentes de fondeo para esta facilidad las cuales pueden llegar a incluir recursos del Fondo Verde del Clima, Bancos de Desarrollo Locales/Multilaterales, Banca Comercial, Fondos de Inversión de Impacto, Banco Comerciales Internacionales, Inversionistas de Capital, recursos públicos nacionales.

Costos y Operación

Cualquier gasto que sea generado como resultado ejercer las funciones para las cuales fue diseñado este instrumento, deberá ser atendido 100% por los aportes captados de terceros, asegurando que Findeter no requiera aportar recursos ni capital a la operación.

Seguimiento Técnico

Findeter está facultado para administrar el mecanismo para financiar las inversiones de la NAMA de RSM. Sin embargo, se propone que el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) apoyen y fortalezcan el seguimiento técnico a la implementación de las inversiones de la NAMA de RSM como ministerios facultados como brazo técnico para realizar el seguimiento a la implementación de las inversiones de la NAMA de RSM y su correspondiente impacto ambiental de acuerdo a la gobernanza propuesta para el mecanismo.

9.3.2 Posibles alternativas de financiación futuras

En el anexo al informe completo se propone el manual de funcionamiento para un fondo de capital especializado que permita ser parte de la estrategia de financiamiento para la NAMA de RSM. Este fondo se denomina el Fondo Territorial de Cambio Climático y la constitución de dicha herramienta cumple con los mismos requerimientos que la apertura de un patrimonio autónomo, acogiéndose a las atribuciones otorgadas a Findeter para este fin.

Gobernanza del FTCC

Los Fondos de Capital están conformados por una sociedad administradora, un gestor profesional, un comité de inversiones, un comité de vigilancia y una asamblea de inversionistas. Findeter en su calidad de administrador de la herramienta de financiamiento, utilizará su estructura organizacional actual para ejecutar las funciones de Gobernanza.

Sostenibilidad

Findeter, en calidad de administrador del instrumento de financiación podrá determinar las fuentes que considere necesarias para garantizar el fondeo mínimo que requieren para realizar las operaciones de redescuento y cubrir las necesidades de los proyectos de la NAMA de RSM. De acuerdo con el convenio de acreditación entre Findeter y el Fondo Verde Del Clima, la entidad podrá solicitar recursos para la ejecución de los proyectos tras cumplir con los requerimientos pactados entre las dos entidades para la presentación de los proyectos, evaluación y aprobación de fondeo, incluyendo las condiciones establecidas en el Anexo 2 del acuerdo de acreditación.

10 Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

El concepto de MRV se origina en la necesidad de medir, reportar y verificar las emisiones de GEI acorde al plan de acción climática dado en la CMNUCC dentro del acuerdo de París en 2015. Allí se establecieron disposiciones universales y armonizadas de MRV para la mitigación del cambio climático y se adoptó un sistema común de acción y apoyo en un marco de transparencia sólido.

El propósito del presente sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación – MRV - es evaluar la ejecución de las acciones de mitigación y el logro de los objetivos y metas asociadas (Medición-Monitoreo), así como la identificación y adopción de las medidas correctivas que sean necesarias para la NMA RSM. En este sentido, los componentes de Reporte y Verificación garantizan el flujo de información coherente y fiable a las autoridades competentes y actores involucrados en la NAMA RSM convirtiéndose en una de las principales herramientas de gestión ya que permite evaluar objetivamente las acciones a través de diferentes tipos de indicadores.

10.1 Estructura de los sistemas MRV

Como lo plantea el World Resources Institute -WRI-, la mitigación eficaz del cambio climático requiere una comprensión clara de las emisiones de GEI y sus fuentes. Además de un seguimiento regular de las estrategias de mitigación y sus impactos. En la práctica, el sistema MRV integra tres procesos independientes, pero relacionados a su vez:

- Medición o monitoreo (M) de datos e información sobre emisiones, acciones de mitigación y apoyo. Implica la medición física directa de las emisiones de GEI, la estimación de las emisiones o las reducciones de emisiones utilizando datos de actividad y factores de emisión, el cálculo de cambios relevantes para el desarrollo sostenible y la recopilación de información sobre el apoyo a la mitigación del cambio climático.
- Reportar o informar (R) compilando esta información en inventarios y otros formatos estandarizados para hacerla accesible a una variedad de usuarios y facilitar la divulgación pública de información.
- Verificar (V) sometiendo periódicamente la información reportada a alguna forma de revisión o análisis o evaluación independiente para establecer que esté completa y confiable. La verificación ayuda a garantizar la precisión y conformidad con los procedimientos establecidos y puede proporcionar comentarios significativos para futuras mejoras.

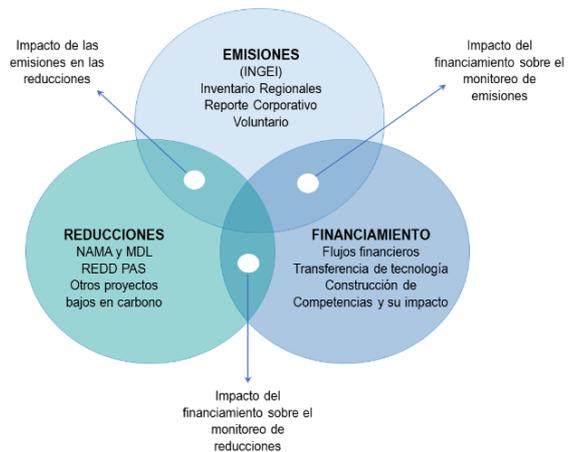
10.2 Sistema MRV de Colombia

Desde el primer semestre del año 2015 el -MADS-, el Instituto de Recursos Mundiales -WRI-, la -ECDBC- y la Agencia para la Cooperación Alemana (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*) -GIZ- aunaron esfuerzos para la formulación conceptual del Sistema Nacional MRV para Colombia, el cual debe dar seguimiento a las

emisiones de GEI, la implementación de medidas de mitigación y su respectiva reducción y el financiamiento de la gestión del cambio climático, así como dar seguimiento a las medidas de adaptación emprendidas por el país, monitoreando, reportando y evaluando su implementación e impacto.

La figuraa continuación muestra el enfoque del Sistema Nacional MRV.

Figura 9: Sistema MRV



Fuente: Documento Nacional del Sistema MRV para Colombia (MADS, 2017)

10.3 Sistema RENARE

Coherente con el flujo de información mostrado en la figura anterior, el -MADS- y el -IDEAM- desarrollaron la plataforma *Registro Nacional de Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero -RENARE-*. Esta plataforma web, administrada por el IDEAM como parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia -SIAC-, permite registrar y hacer el seguimiento de los proyectos que buscan reducir las emisiones de GEI en el país y reportar sus resultados a lo largo del tiempo. Así las cosas, a nivel País se podrá conocer, gestionar y evaluar los resultados obtenidos en materia de mitigación de GEI emitidos a la atmósfera, a la vez que se monitorea y reporta los avances del país en el marco de los compromisos internacionales adquiridos para enfrentar el cambio climático, como es el caso del Acuerdo de París.

10.4 Sistema MRV de la NAMA RSM

Para la construcción del sistema MRV de la NAMA RSM se debe tener en cuenta que la misma tiene un alcance programático o subsectorial a nivel de proyecto. En la fase de formulación dentro del contexto de la NAMA se pretende: establecer los indicadores y la información necesaria para monitorear la implementación de las acciones que conforman la NAMA; así como los lineamientos para la ejecución de las actividades de reporte y verificación. El capítulo MRV de la NAMA RSM servirá de referencia para establecer los manuales detallados y protocolos de operación del MRV una vez se hayan realizado los acuerdos institucionales y se operativice la estructura de gobernanza de la NAMA en la fase de implementación.

10.4.1 Monitoreo

El monitoreo -M- se realiza justo después de que un programa ha comenzado y continúa durante todo el período de implementación del mismo. Así, en una NAMA, la metodología de medición cubre solo aspectos que se medirán durante la fase de implementación, por ello es importante resaltar que se deben desarrollar indicadores a nivel sectorial para rastrear los impactos posteriores a la implementación de la NAMA.

Dado que los indicadores son un medio para realizar un seguimiento del cambio o evolución del desarrollo de una acción de mitigación, definirlos en el marco del MRV de la NAMA RSM implica un proceso sensible y meticuloso.

Figura 10: Tipos de indicadores MRV de la NAMA RSM



Fuente: Adaptación del Documento Nacional del Sistema MRV para Colombia (MADS, 2017)

El monitoreo se abordó mediante la definición de indicadores para cada una de las líneas estratégicas. En este sentido, para cada línea estratégica se formularon indicadores acordes a cada tipología descrita anteriormente: Actividad (21), Gestión (8), Emisiones (9) y Co-Beneficios (19), y se construyó su respectiva ficha, la cual contempla: las unidades, el método de medida, la fuente de la información, el grado de incertidumbre, la frecuencia de medición y el responsable de la gestión del indicador.

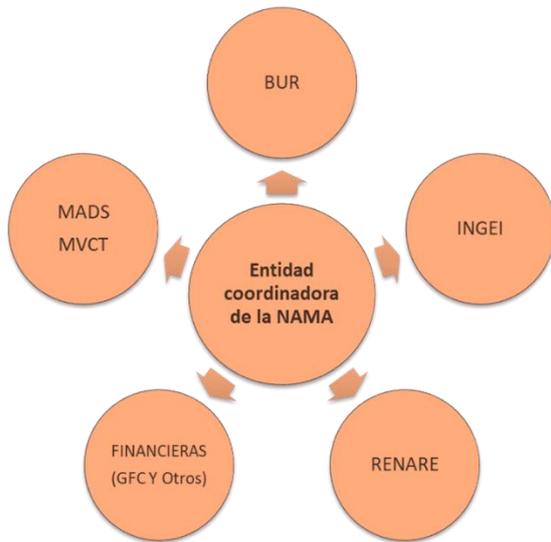
Cabe resaltar que, para la identificación de los indicadores de co-beneficios, se tuvo en cuenta el análisis realizado anteriormente, estos indicadores fueron priorizados de acuerdo nivel de relación entre cada co-beneficio y cada alternativa tecnológica.

Se plantearon indicadores para cada una de las acciones dentro de cada línea estratégica y escenario.

10.4.2 Reporte

El reporte se considera como las “salidas” del sistema MRV, es decir, la presentación de la información consolidada y analizada que tiene como propósito comunicar sobre las acciones de mitigación. Las actividades enmarcadas en esta etapa están dirigidas hacia la identificación y caracterización de los reportes para cada uno de sus componentes y deberán modificarse y generarse según los requerimientos y solicitudes a nivel nacional e internacional. Un aspecto fundamental en el diseño de los reportes es definir la audiencia a quien van dirigidos. La grafica siguiente muestra las principales entidades receptoras de reportes del sistema MRV.

Figura 7: Audiencias receptoras de reportes del sistema MRV

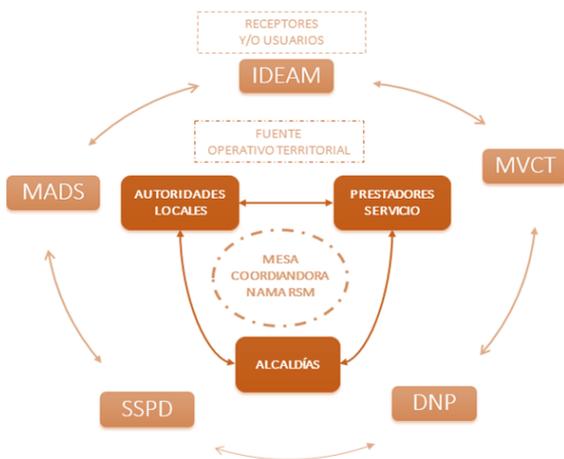


Fuente: elaboración propia de la consultoría

Cada una de las anteriores audiencias requieren información diferente y con frecuencias distintas. Por ello se han diseñado tres tipos de reportes que se generarán con regularidad durante la implementación de la NAMA: Reporte de Gestión -RG-, Reporte de financiamiento -RF-, Reporte de emisiones -RE.

La elaboración de estos reportes estará a cargo de la mesa coordinadora de la NAMA, y previa a su publicación o entrega a alguna audiencia serán validados en sesión del comité de gestión de la NAMA.

Figura 8: Flujo de Información entre los Receptores Institucionales y la Fuente Operativa Territorial



Fuente: elaboración propia de la consultoría

10.4.3 Verificación

Según la Resolución 1447 del 2018 del -MADS-, la verificación -V- es “el proceso sistemático, independiente y documentado en el que se evalúa la consistencia metodológica de las acciones para la gestión del cambio climático y de las reducciones de emisiones y de las remociones del GEI”. Se entiende entonces que es un componente transversal que puede proceder en diferentes momentos a través del sistema, revisando el cumplimiento de las metas y objetivos y brindando confiabilidad a las reducciones obtenidas por la NAMA.

La verificación podría basarse en evidencia documental o evidencia física.

Para la NAMA de RSM, el componente de verificación se diseñó en concordancia con la proyección de reportes generados para las diferentes audiencias, por ello se han diseñado tres tipos de instrumentos de verificación: verificación de reportes de gestión, verificación de reportes de financiamiento, y verificación de reportes de emisiones.

11 Estructura de Gobernanza de la NAMA RSM

El manejo de residuos es uno de los desafíos más grandes para áreas urbanas y constituye uno de los cinco problemas prioritarios para las autoridades locales dado que la gestión inapropiada puede resultar en múltiples impactos negativos en la salud y el ambiente (UN-HABITAT, 2010). Así las cosas, directamente proporcional, el manejo de los mismos se convierte en un índice de gobernanza entendiendo esta como “un proceso en curso, de interacción constante que cambia en función de las circunstancias, las cuales, a su vez, también son cambiantes”.

Si bien, la Gestión Integral de Residuos Sólidos técnicamente obedece a recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento (reciclaje) y disposición final, se puede considerar como un sistema de opciones de

manejo multifacético que se integran e influyen unas a otras donde las decisiones que se toman para tratar un problema afectan los otros componentes, por ello se deben generar las condiciones necesarias para establecer un ciclo continuo de planeación y retroalimentación.

Visto así y dado que la presente NAMA pretende intervenir directamente, mediante la definición de acciones de mitigación al cambio climático, en las actividades de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, se requiere implementar mecanismos para atender las necesidades, intereses y perspectivas de los diversos actores que se encuentran implicados en la GIRS en relación al desarrollo de las diferentes fases estratégicas de la NAMA RSM: Diseño, gestión, implementación y seguimiento y monitoreo.

Para la caracterización de actores clave se diseñó una matriz que permitiera establecer la capacidad de gestión de cada actor en función de su incidencia e influencia en el desarrollo de la NAMA, adaptando los criterios expuestos en la Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia (MINVIVIENDA, 2017).

11.1 Estructura de gobernanza de la NAMA RSM

Según la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES, 2016), se evidencia una “baja coordinación interinstitucional para los distintos proyectos del servicio público de aseo” y resalta específicamente que “no se posee un marco institucional establecido para las actividades de aprovechamiento, tratamiento biológico y tratamiento con fines de valorización”.

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente que la NAMA RSM es un desafío a la gobernanza ya que exige: i) la creación de un marco institucional que permita brindar respuestas apropiadas desde diversos ámbitos, tanto públicos como privados, a la vez que modifica la percepción de la comunidad (usuarios del

servicio) y del propio Estado (gobierno nacional, regional y local) respecto a la urgencia en la adopción de las acciones planteadas y ii) la adecuación de los marcos normativos, a través de la adopción de instrumentos administrativos como convenios, acuerdos o memorandos de entendimiento donde se definan las instancias y las funciones y competencias de cada actor.

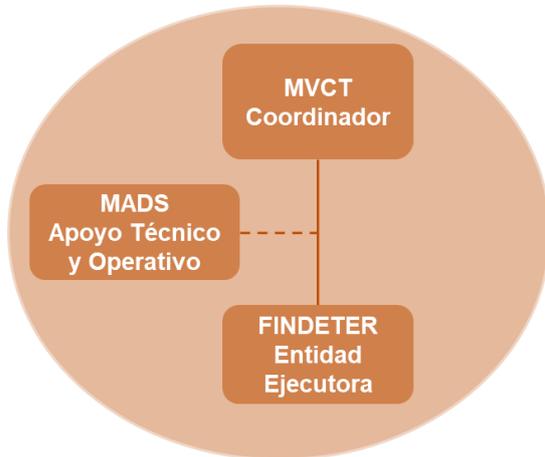
Así las cosas, se hace necesario establecer el rol de cada actor en función de su capacidad de intervención en las acciones que se desarrollan en las diferentes fases del esquema dando forma de esta manera a las mesas, los comités, la estructura de apoyo institucional y territorial que finalmente permitirá la construcción de un instrumento administrativo y del respectivo manual de operaciones para la NAMA RSM.

Para la consolidación de la gobernanza jerárquica, es necesario que desde el gobierno central se establezca y fortalezca un canal de comunicación y articulación a través de la adopción de la NAMA RSM en uno de sus organismos. En este sentido, **la coordinación general de la NAMA RSM deberá estar en cabeza del MVCT** toda vez que es el órgano encargado de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Por otra parte, el desarrollo de la NAMA RSM requiere esfuerzos intersectoriales, se entiende entonces que la responsabilidad de la misma no debe recaer en un solo organismo o entidad, luego, se debe crear la **mesa de coordinación de la NAMA RSM** conformada por la entidad coordinadora -MVCT-, una entidad de apoyo técnico y operativo -MADS- y una entidad ejecutora – Findeter -. Estas entidades deberán contar con una cabeza visible que se articule a esta mesa de coordinación por tanto deberán incluir o adicionar funciones relacionadas con la NAMA RSM dentro de su planta de cargos. Igualmente, deberán formular y/o validar conjuntamente el plan de acción de la NAMA RSM en función del presente documento y

formular el manual de operaciones. Findeter tendrá un rol vinculante en el acompañamiento, la financiación y la ejecución de la NAMA RSM. La figura a continuación muestra la estructura de la mesa coordinadora.

Figura9: Mesa Coordinadora NAMA RSM



Fuente: elaboración propia de la consultoría

Una vez establecida y fortalecida la estructura de gobernanza jerárquica de la NAMA RSM y dado que existe una relación directa en la implementación de las acciones aquí propuestas con diferentes entidades públicas y privadas, para el fortalecimiento de la gobernanza horizontal se debe conformar el **Comité de Gestión de la NAMA RSM que permita la creación de un marco institucional**, el cual estará compuesto por la mesa coordinadora y los actores que tienen más influencia y un rol decisorio a nivel Nacional: DNP, SSPD y ANDESCO, quienes estarán a cargo de realizar la articulación interinstitucional e intersectorial y desarrollar los mecanismos para la consecución y manejo de los recursos técnicos, financieros y operativos, en este sentido, las entidades mencionadas deberán incluir y/o delegar dentro de sus grupos de trabajo funciones para la gestión y la implementación de la NAMA RSM. Adicionalmente, el comité de gestión deberá generar los espacios y las condiciones necesarias para que se convoque la

representación de las Autoridades Ambientales y de los Municipios dependiendo de las necesidades específicas según el plan de implementación. La figura a continuación muestra la estructura de gobernanza horizontal.

Figura 10: Estructura de Gobernanza Horizontal de la NAMA RSM

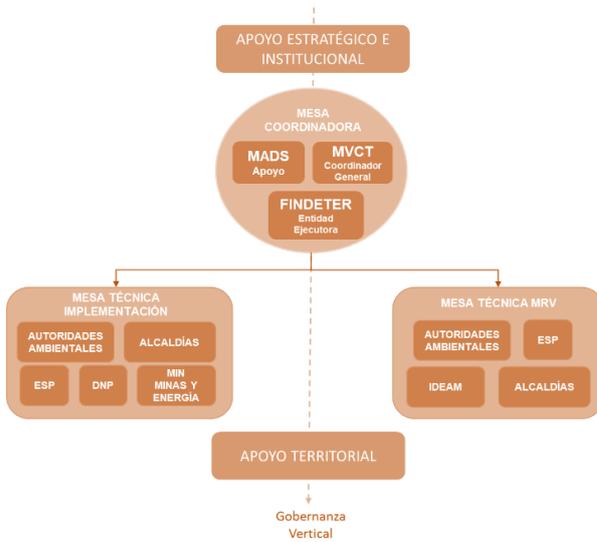


Fuente: elaboración propia de la consultoría

En el marco del fortalecimiento de la gobernanza vertical, dependiendo de la fase estratégica de la NAMA RSM y dada la complejidad para la implementación y el seguimiento y monitoreo -MRV- se deberán conformar mesas técnicas con los actores que tienen un rol decisorio en cada una de las fases. Por tanto, la **Mesa Técnica de Implementación** estará conformada por la mesa coordinadora y el DNP, el Ministerio de Minas y Energía, un representante de las Autoridades Ambientales; un representante de cada una de las ALCALDÍAS y las ESP priorizadas según el plan de implementación.

La **Mesa Técnica MRV** estará conformada por la mesa coordinadora y el IDEAM, un representante de cada una de las Autoridades Ambientales, las ALCALDÍAS y las ESP donde se hayan implementado acciones de la NAMA RSM. La figura a continuación muestra el marco institucional para el fortalecimiento de la gobernanza vertical de la NAMA RSM.

Figura 11: Gobernanza Vertical de la NAMA RSM



Fuente: elaboración propia de la consultoría

Se identifican entonces la ONU y el GCF, como **actores transversales** toda vez que brindan **apoyo estratégico** a través de la generación de lineamientos hasta el potencial de financiación de proyectos que representan en las diferentes fases de NAMA RSM, por tanto, se deben mantener cercanos al comité de gestión y a las mesas técnicas. Además, se distinguen **dos grupos de apoyo**. El primer grupo de actores brindará **apoyo en temas institucionales** entre los cuales se encuentran: la Comisión de Regulación de Energía y Gas; la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento; la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y; la Unidad de Planeación Minero-Energética quienes serán convocados en temas técnicos específicos en las diferentes fases según las necesidades identificadas en el proceso.

El segundo grupo de actores brindará **apoyo en temas territoriales** entre los cuales se encuentran: Otros prestadores del servicio público de aseo (incluidos recicladores de oficio), el sector industrial, las Gobernaciones y la comunidad quienes serán convocados acorde al plan de implementación para temas operativos específicos. La grafica siguiente

muestra el esquema consolidado propuesto para la gobernanza de la NAMA RSM.

Figura 12: Esquema de Gobernanza Propuesto para la NAMA RSM



Fuente: elaboración propia de la consultoría

Finalmente, una vez constituido y adoptado el marco institucional, se evidencia la necesidad de adoptar un acto administrativo que logre generar y concretar espacios de gestión, comunicación, educación y seguimiento entre las entidades responsables y articuladoras con los ejecutores y receptores de la implementación. Este espacio brindará las herramientas necesarias que garantice que la NAMA RSM sea vinculante, no solamente a nivel de la gobernanza horizontal sino también de las necesidades de los sectores y de la relación comunidad-territorio.

11.2 Plan de gestión e implementación de la NAMA RSM.

Las estructuras institucionales y la coordinación entre entidades son cruciales para asegurar que las políticas sean simplificadas y que los esfuerzos estén coordinados para alcanzar la meta común (Ryfisch, 2017). En este sentido, la integración, entendida como la incorporación de la NAMA RSM en estas estructuras organizacionales, es uno de los elementos decisivos para su desarrollo, más aún si se tiene como meta el financiamiento climático internacional. Así las cosas, el objetivo final de la fase estratégica de gestión es la inserción de la NAMA RSM dentro de las estructuras organizacionales para ello, se plantean diversas acciones, objetivos y actividades para el

fortalecimiento de la gobernanza y se propone a manera de ejemplo un cronograma para el desarrollo de las actividades propuestas en el Plan de Gestión en congruencia con el cronograma de inversiones. Se debe tener presente que la gestión de la NAMA RSM es un proceso en constante interacción y cambiante a través del tiempo, por tanto, se deben generar los espacios necesarios para mantener en contacto permanente y permitir el flujo de la información.

Tabla 10: Cronograma Plan de Gestión de la NAMA RSM

FASES ESTRATÉGICA Y ACCIONES	AÑO 0				AÑO 1				AÑO ... N			
	TRIMESTRES											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DISEÑO Y GESTIÓN												
Concepción Formulación												
Fortalecimiento de la gobernanza Jerárquica												
Fortalecimiento de la gobernanza Horizontal												
Fortalecimiento de Gobernanza Vertical (Herramientas y Mecanismo Financiero)												
Adopción de las Instancias de Gobernanza y puesta en Marcha												
Reuniones Control Semestrales												
Reportes MVR gestión semestrales												
Reportes MVR Emisiones y financiero												

Fuente: elaboración propia

Finalmente, se diseñaron las fichas de proyectos para cada una de las acciones de mitigación propuestas en el Capítulo 8, del documento completo de la NAMA RSM, teniendo en cuenta el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación y en congruencia con análisis de costos y el cronograma de inversiones. Las fichas permitirán que la mesa técnica de implementación pueda escalar las acciones para llevar cada SDF a un estado óptimo de funcionamiento según sus

capacidades y defina de acuerdo a los recursos disponibles a cuáles les pueda dar mayor celeridad.

Se hace énfasis que tanto el plan de gestión y el plan de implementación, así como los cronogramas establecidos, estarán sujetos a evaluación y ajuste por parte de la entidad coordinadora y la entidad ejecutora según las dinámicas propias de funcionamiento y no contemplan las externalidades que pueden llegar a modificar el desarrollo de las acciones.

Glosario de términos

- **RGV + Q:** Código que identifica la tecnología de recolección de gases (biogás) y su quema en un sitio de disposición final.
- **RGVQ + AE:** Código que identifica la tecnología de aprovechamiento del biogás captado en los rellenos sanitarios.
- **OAEB:** Código que identifica la optimización de un sistema existente de aprovechamiento del biogás en un relleno sanitario.
- **TM + OBC:** Código que identifica la optimización de un sistema existente de tratamiento mecánico o separación en la fuente con etapa posterior de tratamiento biológico de compostaje.
- **TM + BC:** Código que identifica la tecnología de tratamiento mecánico o separación en la fuente seguida de un proceso de tratamiento biológico de compostaje.
- **WtE:** Código que identifica la tecnología de tratamiento térmico de residuos sólidos municipales con aprovechamiento energético por incineración.

12 Bibliografía

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ (2011). Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá D.C. 2011-2023 Documento Técnico Línea de Intervención Calidad de Agua y Saneamiento Básico. Secretaría Distrital de Salud, Bogotá D.C.
- ANDESCO (2020). Rellenos Sanitarios: otra cara de la moneda.
- ANDI (2018). Colombia: Balance 2018 y perspectivas 2019.
- ANDI (2019). Colombia: Balance 2019 y perspectivas 2020.
- ARIAS DUQUE, D.A. (2019). Propuesta para el aprovechamiento de residuos sólidos en el marco de la prestación del servicio de aseo para el municipio de Trujillo – Valle del Cauca. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali.
- Asociación Ambiente y Sociedad (2016). Mercado Voluntario de Carbono en Colombia. Bogotá D.C.
- Biogas Doña Juana (2020). “Nuestro proyecto MDL”.
- CASAS BELLO, E.A. (2013). Análisis de costos de transporte en la disposición final de residuos sólidos domiciliarios para empresas de servicios públicos domiciliarios. Bogotá D.C.
- CONPES (2016). Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá.
- CRA (2019). Diagnóstico e identificación de problemas, objetivos y alternativas Documento de avance Análisis de Impacto Normativo – AIN. Proyecto: Reconocimiento de la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases en rellenos sanitarios dentro de las tarifas del servicio público de aseo. Bogotá D.C.
- Davies, A. R. (2008). The Geographies of Garbage Governance: Interventions, Interactions And. USA: Ashgate Publishing Company.
- DNP-CONPES (2016). Documento CONPES 3874 DE 2016. Bogotá.
- DNP (2017). Colombia y el Fondo Verde del Clima – Taller colombiano sobre la formulación de proyectos para el fondo verde del clima (FVC). Comité de Gestión Financiera SISCLIMA, Colombia, Bogotá D.C.
- DOBÓN OLIVER, B. (2018). Materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Valencia.
- DORIA SERRANO, M. C. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. Departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas. Universidad Iberoamericana. Educ. quím vol.20 no.4. ISSN 0187-893X. México.
- El Tiempo (2020). La energía renovable alcanza los 11,5 millones de empleos en el mundo, de <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/la-energia-renovable-alcanzan-los-11-5-millones-de-empleos-en-el-mundo-540516>
- ESPINOSA LL.M.C., LÓPEZ T.M., PELLÓN A.A., Fernández García L.A., Hernández Castro C., Bataller Venta M. (2007). Lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Centro de Investigaciones del Ozono, Ciudad de La Habana, Cuba.
- FERNÁNDEZ MUERZA, A. (2006). Contaminación por lixiviados. Consumer. Madrid.
- FLORES C.O., GARCÍA L.S., GARCILAZO S.A., PONCE A.A., VALDERRAMA B.D., YUPANQUI C.V. (2015). Efecto de la recirculación de lixiviados sobre las propiedades físicas y químicas de los residuos sólidos urbanos sometidos a digestión anaeróbicos, aeróbicos y agitación. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo, Lima.
- GCF, GOBIERNO DE COLOMBIA (2017). Estrategia de País para acceso a los recursos del Fondo Verde del Clima. APC, Cancillería, DNP, MADS, MHCP.
- GIRALDO LÓPEZ, J. (25 de abril de 2018). “Pepsico hizo una alianza para convertir los

- empaques de papas fritas en biocombustible". La República/Responsabilidad social. Bogotá D.C.
- GIZ (2017). Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos. Guía para los responsables de la toma de decisiones en países en vías de desarrollo y emergentes. Bonn.
- GRANDA CORTÉS, L.Á. (2014). Propuesta de mejora a la disposición final de basuras del municipio de Remedios- Antioquia. FAEDIS. Programa de Ingeniería Civil. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2006). Dirección de licencias, permisos y tramites. Términos de referencia - Sector de Infraestructura - Estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de rellenos sanitarios. Bogotá. D.C.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2016). Política para la gestión sostenible del suelo. Bogotá, D.C.: Colombia. 94 p. ISBN: 978-958-8901-24-4.
- Ministerio de Medio Ambiente (1998). Política para la Gestión Integral de Residuos. Bogotá.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (2017). Potencial de mitigación de Gas Efecto Invernadero – GEI del sector minero-energético. Bogotá D.C.
- MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL – ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2012). Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. Bogotá.
- MINVIVIENDA (2017). Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia. Bogotá D.C.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2020). Manejo ambiental para el control de vectores. Agua, saneamiento y salud (ASS).
- Petroquimex (2019). A nivel mundial las energías renovables generaron 11 millones de empleos en 2018 de <https://petroquimex.com/a-nivel-mundial-las-energias-renovables-generaron-11-millones-de-empleos-en-2018/>
- PORTAFOLIO (2008). "Alta participación en el PIB". Economía - finanzas.
- PULIDO, A. (2019). Presentación propuesta de extensión de la vida útil del Relleno Sanitario Doña Juana. Asociación Sostenibilidad, equidad y derechos ambientales ENDA América Latina. Bogotá D.C.
- REYES MEDINA, M. (2015). Lixiviados en plantas de residuos, una contribución para la selección del proceso de tratamiento. Departamento de Física Aplicada. Universitat Politècnica de València.
- Ryfish, D. J. (2017). Información y Guía sobre NAMAs - Habilitando la implementación de NDCs a través de NAMAs.
- SSPD-DNP (2017a). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos -2016. Bogotá.
- SSPD-DNP (2017b). Informe Nacional de Aprovechamiento -2016. Bogotá.
- SSPD-DNP (2018). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos -2017. Bogotá.
- SSPD-DNP (2019). Informe de Disposición Final de Residuos - 2018. Bogotá.
- STRELHE, E. (2019). NAMA Residuos Sólidos para la República Dominicana. Metodología y Proceso de Formulación de la NAMA. GIZ – Consejo Nacional para el Cambio Climático y MDL, Presidencia de la República Dominicana. Pp. 6-8.
- UN-HABITAT (2010). Solid waste management in the world's cities: Water and sanitation in the world's cities 2010. Londres.
- UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (2019). Restauración Ecológica. Periódico Doña Juana. Bogotá D.C., noviembre - diciembre de 2019. Publicación bimestral. ISSN 2462-8182. No 30.
- UNIDAD DE PLANIFICACIÓN MINERO ENERGÉTICA (2002). Guía ambiental minería de carbón a cielo abierto. MINISTERIO DE MINAS Y

ENERGÍA – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.
Bogotá D.C.

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN MINERO
ENERGÉTICA - INERCO (2018). Valorización
energética de residuos: proyecto WTE
Colombia. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.
Bogotá D.C.

Weibust, I. &. (2014). Multilevel environmental
governance: managing water and climate
change in Europe and North America. Edward
Elgar Publishing.

WRS (2016). MRV 101: Understanding
measurement, reporting and verification of
climate change mitigation. Working Paper.
World Resources Institute- WRS.

ZULUAGA MEZA, A. (2019). Evaluación del
tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios
mediante cavitación hidrodinámica, Universidad
Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería y
Arquitectura. Manizales.