

Guía de

Cambio Climático

para la Movilidad Urbana



Guía de Cambio Climático para la Movilidad Urbana



PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
Juan Manuel Santos Calderón

MINISTRO DE TRANSPORTE
Jorge Eduardo Rojas Giraldo

VICEMINISTRO DE TRANSPORTE
Alejandro Maya Martínez

DIRECCIÓN DE TRANSPORTE Y TRÁNSITO
Ayda Lucy Ospina Arias

COMUNICACIONES Y PRENSA
Samuel Otto Salazar Nieto

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN
Ingeniería y Soluciones Informáticas (ISOIN)

La Guía de Cambio Climático para la Movilidad Urbana fue desarrollada bajo el Programa de Asistencia Técnica de la Política Nacional de Transporte Urbano, implementado por la Unidad de Movilidad Urbana Sostenible

Su elaboración fue financiada con recursos del contrato de empréstito 8083 CO suscrito entre la República de Colombia y el Banco para Reconstrucción y Fomento (BIRF). Contrato Ref. UMUS 63-SCC

Título: **Guía de cambio climático para la movilidad urbana**

ISBN publicación impresa: 978-958-98682-7-0

ISBN publicación digital: 978-958-98682-8-7

Equipo de redacción (ISOIN)

Fernando Guerrero López, Luis Manuel Campos Chacón, Manuel Bada Tomás, Ignacio Eguía Salinas, Jesús Racero Moreno, Fernando Muñoz Muñoz y José Antonio Carvajal Sosa

Equipo de apoyo (ISOIN)

Cindy Stephanie Martínez Gómez

Equipo supervisor del Ministerio de Transporte

Juan Camilo Florentino Márquez Ospina y Silvana García Villareal

Revisores externos

Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible: Nathaly Milena Torregroza, Santiago Uribe, Alba Milena Ruiz Arias, Maritza Florian Buitrago, Pedro Genes y Felipe Borda Clopatofsky

Programa LCRD de USAID-Colombia: Claudia Díaz y Andrés Peña

Ministerio de Transporte: Luis Hildebrando González Hernández, Gerardo Ávila Rodríguez, Germán Carlos Agudelo Barrero, Yineida Lozano Rahn, Jhassir Andrés Pérez Leones, Cindy Clavijo Forero, César Manjarrés, María Camila Orozco, Alexandra Moreno, Sofía Beleño, Juan Felipe Martínez Ochoa y Magda Constanza Buitrago Ríos

Banco Mundial: Roger Gorham

Foto de portada

Manolo Márquez Gómez. Bogotá, Colombia

Editorial

Ministerio de Transporte

Crédito de fotografías, diagramas y planos: Los diagramas y planos de la Guía fueron realizados por el equipo técnico de ISOIN. Las fotografías fueron obtenidas por el equipo técnico de ISOIN con acuerdo a sus derechos de propiedad intelectual

La versión digital de esta guía la puede encontrar en: <https://www.mintransporte.gov.co/4180>

Cita sugerida (APA): Ministerio de Transporte de Colombia (2016). Guía de Cambio Climático para la Movilidad Urbana. Bogotá, Colombia: Ministerio de Transporte

Prefacio



El pasado 22 de abril de 2016, durante la conmemoración del día de la Tierra, 177 países firmaron el Acuerdo de París en la ciudad de Nueva York, formalizando el compromiso de contribuir decididamente a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero y adoptar modelos de desarrollo resilientes para evitar un incremento en la temperatura promedio global superior a 2° Celsius. En los próximos meses los países firmantes, incluyendo Colombia, ratificarán internamente el Acuerdo y alistarán los planes de acción para cumplir con sus contribuciones nacionales.

La República de Colombia se comprometió a reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero en el 2030, y hasta un 30% con apoyo internacional. Esta meta la adoptó también a nivel sectorial el Ministerio de Transporte y para cumplirla se requieren cambios sustanciales en la forma de la planificar y gestionar la movilidad

en nuestros centros urbanos. El reto es revertir la alta demanda de combustibles fósiles en el transporte (el sector más demandante de este tipo de energéticos) y las altas tasas de motorización de automóviles, motocicletas y vehículos utilitarios. Si no hiciéramos nada, en el 2030 el transporte de personas y de carga emitirá anualmente 50 millones de toneladas de gases efecto invernadero, el doble de lo que hoy emite.

Paralelamente, los impactos ambientales, económicos y sociales de las últimas olas invernales y de sequías ocasionadas por los fenómenos de La Niña y El Niño, y las onerosas inversiones que hemos tenido que atender para mantener la conectividad de la infraestructura vial ponen en evidencia la necesidad de incorporar criterios de crecimiento verde y resiliencia en la planificación de las ciudades y de los proyectos de movilidad, tanto urbana como regional.

Entendiendo este panorama, la Guía de Cambio Climático para la Movilidad Urbana pretende orientar a las autoridades municipales, metropolitanas y departamentales para implementar medidas de mitigación de emisiones y adaptación a la variabilidad climática que sean coherentes con sus territorios y habitantes y nos permitan aportar al cumplimiento de la meta planetaria. Con esto, más allá de honrar nuestros compromisos internacionales, podremos consolidar ciudades más justas, accesibles, incluyentes, amables y limpias, lo cuál debe ser una prioridad en una sociedad cada vez más urbanizada.

La gran revolución de la infraestructura adelantada por el Gobierno Nacional, nos permite hoy a los colombianos estar más conectados, construir conocimiento regional, intercambiar cosechas y mercancías, hacer negocios entre ciudades y visitar a la familia. Ahora debemos enfocarnos en las ciudades y en encontrar la forma más eficiente de movernos en ella para obtener la mejor rentabilidad social de la inversión que hemos hecho y estamos haciendo, para consolidar un país educado, justo y en paz.

JORGE EDUARDO ROJAS
Ministro de Transporte

Índice de Contenidos

Introducción	1
1. Conceptos Básicos de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático	8
1.1. La Amenaza Global del Cambio Climático	10
1.2. Contaminantes Atmosféricos procedentes del Transporte Urbano	12
1.3. La Movilidad Urbana frente al Cambio Climático	17
2. Reducción de Emisiones del Transporte Urbano como Estrategia de Mitigación del Cambio Climático	22
2.1. Cuantificar la Responsabilidad del Transporte: Inventarios de Emisiones	24
2.1.1. Modelos de Arriba hacia Abajo	25
2.1.2. Modelos de Abajo hacia Arriba	29
2.2. Medidas de Mitigación para Sistemas de Transporte Urbano	36
2.2.1. Plan de Acción Sectorial de Mitigación (PAS)	40
2.2.2. Priorización Local de Medidas: Mitigar desde los Contextos Locales	42
3. Adaptación de Sistemas de Transporte Urbano frente al Cambio Climático	52
3.1. Identificación de Riesgos y Amenazas: Mapear para Prevenir	57
3.2. Medidas de Adaptación para Transporte Urbano	70
3.2.1. Adaptación para Redes de Infraestructuras	71
3.2.2. Adaptación para Proteger a Usuarios de las Redes	73
3.2.3. Monitoreo y Evaluación del Éxito de las Medidas	75
4. Formulación de Proyectos de Mitigación y Adaptación en Transporte Urbano	80
4.1. Contexto Institucional: Políticas Nacionales y Compromisos Internacionales	83
4.2. Proceso de Formulación de Proyectos	89
4.2.1. Definición Preliminar	91
4.2.2. Análisis y Diseño	93
4.2.3. Grupos de Interés	95
4.2.4. Planificación de Implementación	97
4.2.5. Evaluación y Seguimiento	99
4.3. Fuentes de Financiación	101
4.3.1. Instrumentos Públicos de Financiamiento	103
4.3.2. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	106
4.3.3. Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs)	108
4.3.4. Fondos Internacionales de Financiamiento Climático	113
Conclusiones	118
Anexo Fichas de Políticas sobre Cambio Climático	122
Anexo Referencias Incluidas en Soporte Digital	134

Índice de Figuras

Fig 1.	Calle transitada en el centro de la ciudad de Medellín	1
Fig 2.	Inundación de vía debido a lluvias: ejemplo de necesidad de medidas de adaptación al cambio climático	3
Fig 3.	Proceso de capacitación para la formulación de proyectos de cambio climático en el transporte urbano	4
Fig 4.	Movilidad peatonal y ciclista: principales modos de transporte para minimizar el impacto	5
Fig 5.	Expertos debatiendo en una reunión del Foro de Innovación Sostenible 2015 en el marco de la COP21 de París	9
Fig 6.	Efecto invernadero natural y amplificado por la acción del hombre	10
Fig 7.	Contaminantes procedentes del transporte urbano	13
Fig 8.	Smog fotoquímico consecuencia de la contaminación urbana en Bogotá	16
Fig 9.	Plaza de Bolívar de Manizales	17
Fig 10.	Emisiones de GEI del Sector Transporte proyectadas al año 2040	18
Fig 11.	Transporte público en la ciudad de Medellín	19
Fig 12.	Tráfico en la ciudad de Medellín	20
Fig 13.	Calle Candelaria de Bogotá durante una jornada sin tránsito motorizado	23
Fig 14.	Gases de escape de un vehículo alimentado por combustible de origen fósil	25
Fig 15.	Panel de control de un centro de control de tráfico	29
Fig 16.	Esquema general de la metodología EMEP/CORINAIR para la cuantificación de emisiones contaminantes	31
Fig 17.	Terminal de autobuses en Manizales	36
Fig 18.	Esquema general del enfoque ASI	38
Fig 19.	Esquema general empujar – halar para definir acciones de mitigación del cambio climático en el transporte urbano	38
Fig 20.	Calle céntrica peatonal en la ciudad de Manizales	39
Fig 21.	Curva de costo efectividad de cada una de las 19 medidas priorizadas del PAS 2015 para el Sector Transporte	42
Fig 22.	Estación de teleférico en la ciudad de Medellín	44
Fig 23.	Parqueadero para bicicletas	45
Fig 24.	Ejemplo de infraestructura intermodal de la ciudad de Sevilla (España): metro ligero, parqueadero y acceso peatonal y ciclista	47
Fig 25.	Ejemplo de diseño urbano asociado a un proceso de planeación territorial	48
Fig 26.	Conceptos básicos sobre adaptación al cambio climático	55
Fig 27.	Esquema general del procedimiento de elaboración de mapas de vulnerabilidades y riesgos de las redes de transporte ante el cambio climático	56
Fig 28.	Vía bacheada	62

Fig 29.	Matriz de riesgos	66
Fig 30.	Ejemplo de mapa de vulnerabilidad 2011 a 2040 para todo el territorio colombiano	69
Fig 31.	Avenida El Palo en el centro de Medellín	70
Fig 32.	Estación de autobuses en Provence, Francia	74
Fig 33.	Matriz de riesgos en el año 1 (izq) y en el año 2 (dcha)	77
Fig 34.	Carretera destruida como consecuencia de torrentes fluviales en el entorno de Barranquilla	78
Fig 35.	Ejemplo de puente peatonal con parasol protector	78
Fig 36.	Vía con prioridad de tránsito peatonal y ciclista en ciudad Europea	81
Fig 37.	Vehículo 100 % eléctrico, ejemplo de apuesta ambiciosa para cumplir compromisos ambientales	83
Fig 38.	Autobuses de Transmilenio en el portal del norte de Bogotá	87
Fig 39.	Reunión de planificación	90
Fig 40.	Proceso de formulación de proyectos de cambio climático	90
Fig 41.	Lineamientos Sector Transporte de MinTransporte y MinAmbiente	91
Fig 42.	Criterios para identificar actores institucionales relevantes	92
Fig 43.	Estrategia de implementación de medidas basadas en paquetes	98
Fig 44.	Componentes de la metodología MRV	99
Fig 45.	Normas para el Desarrollo Sustentable por categorías	102
Fig 46.	Clasificación de instrumentos reguladores diferenciando oferta y demanda de transporte	102
Fig 47.	Zona peatonal y estación de Transmilenio en Bogotá	103
Fig 48.	OCAD-Órgano Colegiado de Administración y Decisión del Sistema General de Regalías	105
Fig 49.	NAMAs sector transporte categorizados por enfoque EVITAR – CAMBIAR – MEJORAR	109
Fig 50.	Vista aérea de la ciudad de Manizales	110
Fig 51.	Vehículo de carga	111

Índice de Tablas

Tabla 1.	Origen de los gases de efecto invernadero y su contribución al calentamiento global	11
Tabla 2.	Características generales de GEI procedentes del transporte urbano	13
Tabla 3.	Características generales de contaminantes de efecto local procedentes del transporte urbano	15
Tabla 4.	Características generales de contaminantes secundarios derivados del transporte urbano	16
Tabla 5.	Aporte de las diferentes categorías en las emisiones del transporte carretero	17
Tabla 6.	Participación de las diferentes categorías de transporte en los viajes urbanos actual y futura	19
Tabla 7.	Indicadores de motorización actuales y proyectados para 2040	20
Tabla 8.	Comparativa de los principales métodos top-down de cálculo de emisiones contaminantes procedentes del transporte urbano	28
Tabla 9.	Resumen de resultados del ejemplo mostrado	34
Tabla 10.	Líneas estratégicas, políticas y programas priorizados en el PAS 2015 para el Sector Transporte	41
Tabla 11.	Batería de medidas de mitigación en el marco de la línea estratégica de Sostenibilidad de transporte público de pasajeros	44
Tabla 12.	Batería de medidas de mitigación en el marco de la línea estratégica de Promoción de modos no motorizados, energías vehiculares limpias y eficiencia energética	45
Tabla 13.	Batería de medidas de mitigación en el marco de las líneas estratégicas de Fortalecimiento del Plan Estratégico Intermodal de Infraestructura de Transporte de Carga y Fortalecimiento de cadenas logísticas urbanas	46
Tabla 14.	Batería de medidas de mitigación en el marco de la línea estratégica de Gestión de la demanda de transporte	47
Tabla 15.	Medidas adicionales de mitigación en el ámbito de la planeamiento urbanístico	48
Tabla 16.	Tablas EMEP/CORINAIR de cálculo del factor de consumo de combustible por tipo de vehículo y tipo de combustible, necesario para calcular las emisiones de CO ₂	49
Tabla 17.	Principales amenazas del cambio climático en Colombia e impactos potenciales que pueden generar	59
Tabla 18.	Batería de indicadores correspondientes a cada índice que pueden formar parte del cálculo del índice de vulnerabilidad	61
Tabla 19.	Ejemplo de ponderación de indicadores para el cálculo del grado de vulnerabilidad en un municipio	63
Tabla 20.	Batería de indicadores correspondientes al cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático	64
Tabla 21.	Ejemplo de indicadores de pérdidas seleccionados y definición de niveles para el cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático	66
Tabla 22.	Estimaciones de probabilidades de escenarios de riesgos para el cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático	67
Tabla 23.	Niveles de pérdidas de escenarios de riesgos para el cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático	67

Tabla 24.	Asignación de pesos a cada indicador de pérdidas	67
Tabla 25.	Cálculo de los pesos normalizados de cada indicador de pérdidas	68
Tabla 26.	Medidas de adaptación para redes de infraestructuras	73
Tabla 27.	Medidas de adaptación para proteger a usuarios de las redes de transporte urbano	74
Tabla 28.	Niveles de pérdidas de escenarios de riesgos para el cálculo del riesgo antes y después de la implementación de las tres medidas de adaptación al cambio climático	76
Tabla 29.	Cronología de la articulación de compromisos internacionales (CMNUCC) y el marco Nacional	85
Tabla 30.	Criterios a considerar para identificar beneficios	94
Tabla 31.	Visión general de los diferentes actores en un sistema de transporte urbano	96
Tabla 32.	Elementos a ser considerados en la estructura de costos	97
Tabla 33.	Proyectos del sector transporte registrados ante la ONU para emisión de CERs en Colombia	107

Acrónimos

ACPM	Aceite Combustible para Motores
AEA	Alianza de Energía y Ambiente con la Región Andina
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
APP	Asociación Público-Privada
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BRT	Autobús de Tránsito Rápido
BTU.PIB	Intensidad Energética por unidad de Producto Interior Bruto
CC	Cambio Climático
CCC	Comité independiente sobre Cambio Climático
CDKN	Alianza Clima y Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CER	Certificados de Reducción de Emisiones
CFCs	Cloro Fluoro Carbonos
CH ₄	Metano
CIUDAT	Centro de Promoción para TOD
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COMICC	Comisión Interinstitucional de Cambio Climático
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CORINAIR	CO-ordination INventory of AIR emissions
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
DCC	Dirección de Cambio Climático de MADS
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ECDBC	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
EEA	European Environmental Agency
EEP	Alianza de Energía y Ambiente con la Región Andina
EFIG	Emission Factor and Inventory Group

EIIP	Emission Inventory Improvement Program
EMEP	Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe
ENREDD+	Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
EPA	Environmental Protection Agency
FCPF	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques
FECOC	Factor de Emisión de los Combustibles Colombianos
FINDETER	Financiera del Desarrollo
FIRE	Factor Information Retrieval
FMAM (GEF)	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEI.PIB	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por unidad de Producto Interior Bruto
GLP	Gas Licuado del Petróleo
GNV	Gas Natural Vehicular
GV	Grado de Vulnerabilidad
H ₂ O	Agua (vapor de agua en el contexto del documento)
IC	Índice de Capacidad Adaptativa
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IE	Índice de Exposición
iNDC	Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional
InfraFund	Fondo de Desembolso Rápido para Soluciones Innovadoras en Transporte
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
INVIAS	Instituto Nacional de Vías
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IS	Índice de Sensibilidad
ITS	Intelligent Transport Systems
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MinMinas	Ministerio de Minas y Energía
MinTransporte	Ministerio de Transporte
MRE	Ministerio de Relaciones Exteriores
MRV	Medición Reporte y Verificación
N ₂ O	Óxido Nitroso
NAMA	Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas
NGGAP	National Green Growth Action Plan
NO _x	Óxidos de Nitrógeno

O ₃	Ozono
ODM	Fondo para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Fondo para el Logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PAN	Nitrato de Peroxiacilo
PAS	Plan de Acción Sectorial de Mitigación
PEIIT	Plan Estratégico Intermodal y de Infraestructura de Transporte
PIB	Producto Interior Bruto
PM	Material Particulado
PM10	Material Particulado de diámetro inferior a 10 micras
PM2.5	Material Particulado de diámetro inferior a 2.5 micras
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POMCA	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PPCCA	Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire
PROURE	Programa de uso Racional y Eficiente de Energía
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
RUD	Registro Único de Damnificados
RUNT	Registro Único Nacional de Tránsito
SAE	Sistema de Ayuda a la Explotación
SDAS	Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible de la DNP
SISCLIMA	Sistema Nacional de Cambio Climático
SO ₂	Dióxido de Azufre
TOD	Desarrollo Orientado al Transporte
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
UNGRD	Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
UNIANDES	Universidad de los Andes
UNITAR	Instituto de las Naciones Unidas para la Formación y la Investigación
VAO	Vehículos Alta Ocupación

VBP	Valor Bruto de la Producción
VGGS	Viet Nam National Green Growth Strategy
WMO	World Meteorological Organization



Introducción

Introducción

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE DISPONER DE UNA GUÍA PARA ENFRENTAR AL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA MOVILIDAD URBANA EN COLOMBIA?

A pesar de que a nivel nacional e internacional ya existen múltiples publicaciones enfocadas en la formulación de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático en el sector transporte, en el país aún existen brechas importantes de información y necesidades de fortalecimiento técnico e institucional. Por esta razón surge la necesidad de desarrollar esta Guía, para poner a disposición de las autoridades locales colombianas una herramienta de consulta cuya divulgación permita incorporar capacidades para formular proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático en el ámbito de la movilidad urbana. Esta formulación permitirá además fijar el enfoque y las posibilidades de financiamiento para el posterior proceso de implementación de estos proyectos.



Fig. 1 - Calle transitada en el centro de la ciudad de Medellín. Fuente: ISOIN

Si esta creación de capacidades no se da, las líneas de política contenidas en los actuales planes nacionales y en las agendas locales de gestión ambiental y movilidad no se materializarán en proyectos de inversión reales que permitan reorientar el modelo de desarrollo hacia una economía verde y baja en carbono.

Se pretende por lo tanto aumentar el conocimiento de las autoridades locales y regionales (especialmente las de transporte) sobre las características e impactos del cambio climático y de las opciones disponibles para adaptarnos a él y mitigar emisiones de Gases Efecto Invernadero

(GEI) dentro del sector, con beneficios colaterales en materia de calidad ambiental urbana, salud pública y competitividad. Por esta razón esta guía práctica es imprescindible para avanzar en el mejoramiento paulatino de la sostenibilidad de los sistemas de movilidad urbana del país, y con ello para contribuir de manera decidida a la lucha contra el cambio climático en Colombia.

Por su parte el sector transporte participó con el 4,2% en el PIB nacional en el periodo 2010-2013¹ y es el de mayor consumo de energía en el país, demandando el 38% del total de los derivados del petróleo (366.176 TJ -Terajulio- en el año

1 - Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático IDEAM, 2015.

2010 según PAS 2015). De acuerdo con el último inventario oficial del país, el sector aporta el 17% de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que corresponde a 29,6 millones de toneladas en el año 2012.

El subsector carretero es responsable por el 80% de dicha cantidad, dentro del cual casi la mitad de las emisiones corresponden al transporte urbano. Si no se emprenden acciones inmediatas, esta situación va a empeorar y posicionará al transporte como uno de los principales responsables de las emisiones en el país después del sector agroforestal; esto implicaría incrementos continuos en el consumo de combustibles fósiles y en emisiones contaminantes, tanto de GEI como de sustancias nocivas para la salud de las personas.

Por lo tanto, el sector transporte tiene una gran influencia en el inventario colombiano de emisiones de GEI y en las proyecciones de crecimiento del mismo. Para evitar que la contribución del sector siga en aumento y para honrar los compromisos internacionales en materia de disminución de emisiones, las autoridades locales deben trabajar mancomunadamente con el Gobierno Nacional para desarrollar acciones concretas de adaptación y mitigación del cambio climático.

EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO DE CARA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Actualmente, el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (ley 1753 de 2015) establece como uno de sus ámbitos principales de trabajo la estrategia de crecimiento verde, la cual ha permitido dejar unos compromisos más detallados en los sectores económicos colombianos, con el fin de asegurar la implementación efectiva de medidas de mitigación de cambio climático y aportar a la reducción de gases de efecto invernadero.

Esta estrategia tiene como objetivos avanzar hacia un crecimiento sostenible y bajo en carbono, proteger y asegurar el uso sostenible del capital natural y mejorar la calidad ambiental, lograr un crecimiento resiliente y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres y cambio climático. Por lo anterior, esta estrategia se constituye como el pilar fundamental para trabajar y promover acciones en torno a la mitigación del cambio climático.

De manera particular el artículo 170 del PND ordena “Formular e implementar planes sectoriales de adaptación al cambio climático y planes de acción sectorial de mitigación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, los cuales deben contener metas sectoriales cuantitativas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a corto (año 2020) y mediano plazo (años 2025 o 2030). Estos se realizarán con el seguimiento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Departamento Nacional de Planeación”.

Se estima que para la próxima década la tasa de motorización de vehículos particulares se habrá duplicado² lo cual está directamente relacionado con el crecimiento económico de la nación y se explica como la tendencia de una población a adquirir bienes, entre ellos un vehículo, y a realizar más actividades (mayor número de viajes) a medida que su condición económica es mejor. Este raciocinio es aplicable también al transporte de carga, a través del cual se proveen los bienes de consumo en los distintos conglomerados urbanos: si el crecimiento económico no va acompañado de una racionalización de las cadenas logísticas y una diversificación modal hacia transporte férreo y fluvial, la ineficiencia energética en el transporte de carga será cada vez más grande.

2 - Productos Analíticos para Apoyar la Toma de Decisiones sobre Acciones de Mitigación a nivel Sectorial: Sector Transporte. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Febrero 2014.



Fig. 2 - Inundación de vía debida a lluvias: ejemplo de necesidad de medidas de adaptación al cambio climático. Fuente: ISOIN

En este marco de mitigación, el PND 2015-2018 concreta con mayor precisión algunas iniciativas respecto al transporte urbano, destacando las siguientes:

- » **Artículo 31:** "Financiación de sistemas de transporte", que incluye un componente para poder financiar el mejoramiento de transporte no motorizado mediante "estrategias de articulación y fomento de la movilidad en medios no motorizados".
- » **Artículo 32:** "Apoyo a los sistemas de transporte", que también busca promover "acciones orientadas a incrementar y regular el uso de modos no motorizados".
- » **Artículo 33:** "Otras fuentes de financiación para los sistemas de transporte" que incluye una contribución por el servicio de garajes o zonas de estacionamiento de uso público mediante "una contribución que incentive la utilización de los sistemas de transporte público" y también reitera el tema de cobros por congestión y contaminación para los municipios o distritos mayores a 300.000 habitantes.
- » **Artículo 204:** "Estímulos para el uso de la bicicleta y los tricimóviles no motorizados" que por primera vez hace explícito en una política de orden nacional la promoción de estos modos de transporte y pide al Ministerio de Transporte reglamentarlo de manera adecuada.

Los gobiernos sub-nacionales y autoridades locales juegan un papel muy importante en la implementación de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático, así como de fomento de la participación de la sociedad civil y el sector privado. Poco a poco se va logrando que el calentamiento global sea un tema de debate a nivel local, esté presente en las políticas municipales y sea objeto de acciones de sensibilización y concienciación. En suma, la ciudadanía ya no considera el cambio climático como un problema lejano en sus causas y consecuencias, sino como un fenómeno que nos afecta a todos y sobre el que todos podemos influir.

Adicionalmente, en materia de movilidad urbana las autoridades y gobiernos locales son las entidades que mayor grado de conocimiento tienen de sus sistemas de transporte y en muchos casos del grado de afección de los mismos a la calidad del aire y a la contaminación atmosférica. Es por ello que la perspectiva local debe tomar un especial protagonismo en la definición e implementación de planes, programas, medidas y actuaciones para enfrentar el fenómeno de cambio climático, partiendo de un profundo conocimiento del territorio y de los arreglos institucionales que en él existen, reduciendo vulnerabilidades e impulsando modelos de ciudad y territorios más resilientes.

CONTENIDOS DE LA GUÍA

Con el propósito de crear capacidades en los gobiernos y autoridades locales para formular proyectos de movilidad urbana que contribuyan a enfrentar el cambio climático, esta guía se ha estructurado en cuatro capítulos que apoyan la toma de decisiones en distintas fases de la gestión de proyectos, tal y como se muestra e la figura 2:



Fig. 3 - Proceso de capacitación para la formulación de proyectos de cambio climático en el transporte urbano

Inicialmente, se describen en el capítulo 1 los *Conceptos básicos sobre contaminación atmosférica y cambio climático*. El objetivo es asentar las bases del problema del calentamiento global y su relación con las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de vehículos motorizados, que realizan viajes en sistemas de movilidad urbana.

Una vez establecida ésta base conceptual en el capítulo 2, *Disminución de emisiones del transporte urbano como estrategia de mitigación del cambio climático*, se describen las principales metodologías existentes para la cuantificación de las emisiones de GEI en el sector, dada la imperiosa necesidad de mejorar la captura, procesamiento y análisis de indicadores de desempeño de sistemas de movilidad urbana; entre ellos los relacionados con consumo de combustibles fósiles y la emisión de contaminantes atmosféricos.

Posteriormente, se definen un conjunto de actuaciones de mitigación para la reducción de esas emisiones cuantificadas. Estas actuaciones se definen partiendo de la perspectiva nacional a través del marco de referencia del Plan de Acción Sectorial de mitigación del Ministerio de Transporte (PAS), para descender al nivel local mediante la priorización de actuaciones concretas con base a su potencial de reducción y análisis de costo efectividad.



Fig. 4 - Movilidad peatonal y ciclista: principales modos de transporte para minimizar el impacto. Fuente: ISOIN

Se presenta seguidamente el capítulo 3, *Adaptación de sistemas de transporte urbano frente al cambio climático*, una metodología para capacitar a las autoridades locales en la elaboración de mapas de vulnerabilidades y riesgos de sus redes de movilidad, para posteriormente describir una batería de actuaciones de adaptación al cambio climático, tanto a nivel de infraestructuras como de usuarios.

Finalmente, el capítulo 4, *Formulación de proyectos de mitigación y adaptación en transporte urbano*, describe los mecanismos a través de los cuáles las autoridades y otros grupos de interés locales (academia y ciudadanía, por ejemplo) pueden formular proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, armonizados con el marco normativo y de política pública y alineados con los diversos instrumentos disponibles para la financiación, implementación, seguimiento y evaluación.

La guía finaliza con un capítulo de *conclusiones*, tras lo cual se muestra la bibliografía tomada como referencia y el listado de documentos de apoyo y profundización incluido en el anexo digital.

Por lo tanto, esta guía se centra en capacitar a responsables de gobiernos locales y autoridades de transporte en la formulación proyectos de cambio climático asociados al transporte urbano, como estrategia base para la implementación de proyectos costo-efectivos.



CAPÍTULO 1

Conceptos Básicos de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático

Capítulo 1

Conceptos Básicos de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático

El Cambio Climático es uno de los mayores retos a los que se enfrenta el mundo en pleno siglo XXI. Sin duda alguna es una amenaza real y en constante crecimiento para la especie humana y todo su entorno vital. Actualmente la investigación y el monitoreo intensivo del clima proporciona a los científicos cada vez más pruebas que clarifican el entendimiento de las causas y las consecuencias del calentamiento global. El aumento de la temperatura media de la superficie del planeta influirá decisivamente en el clima, las estaciones, los recursos hídricos, los ecosistemas, la salud de los ciudadanos y en general en todas las economías mundiales (IPCC). De hecho los primeros efectos del cambio climático son ya evidentes en numerosas regiones del planeta, y Colombia no es la excepción.



Fig. 5 - Expertos debatiendo en una reunión del Foro de Innovación Sostenible 2015 en el marco de la COP21 de París. Fuente: www.cop21paris.org

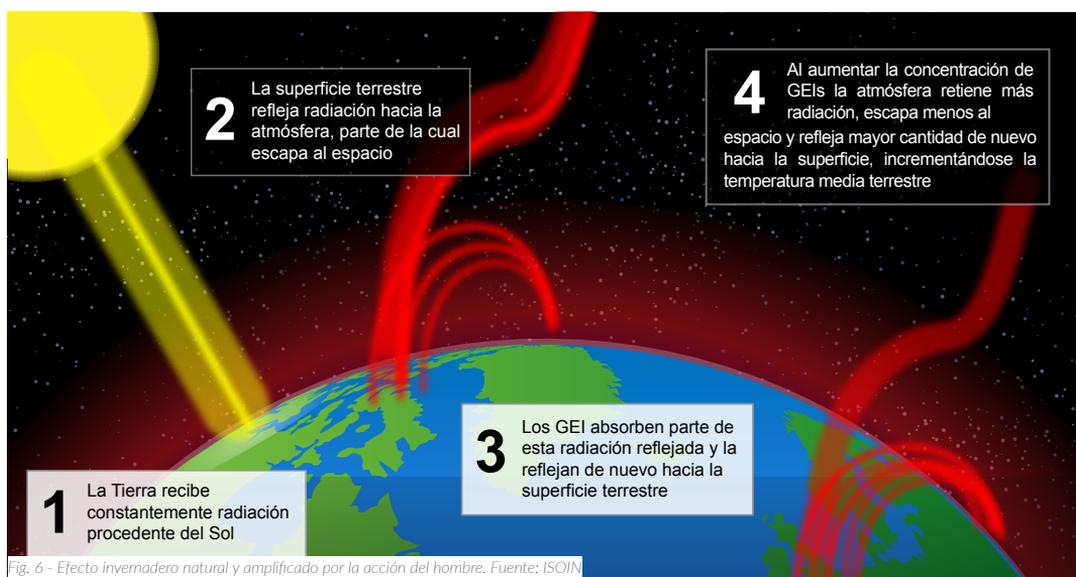
Este aumento de la temperatura media de la superficie terrestre tiene indudablemente un origen antropogénico; la actividad humana ha sido identificada como el mayor partícipe en la desestabilización del clima. Es desde el Protocolo de Kioto (1997) cuando verdaderamente se ha tomado plena conciencia de la situación que se avecina, presentándose por parte de distintas instituciones un elevado número de acciones legales a todos los niveles políticos para luchar contra el cambio climático. Sin embargo, en el primer periodo de vigencia del protocolo (entre 2005 y 2012) no se alcanzaron los resultados esperados de reducción de emisiones, fundamentalmente

por la ausencia de un compromiso de reducción verdaderamente vinculante por parte de las principales naciones contaminantes del planeta. La pasada Cumbre del Clima de París 2015 permitió alcanzar un gran acuerdo que estableció el compromiso mundial, jurídicamente vinculante, de mantener el aumento de la temperatura promedio global por debajo de los 2 grados con respecto a los niveles preindustriales y perseguir los esfuerzos para limitar el aumento a 1,5 grados. Se ha pasado en menos de 20 años del compromiso de tratar de evitar el aumento de la temperatura media global al compromiso de acotarlo.

1.1. La Amenaza Global del Cambio Climático

Para entender la importancia que tiene la lucha contra el Cambio Climático, es fundamental comprender sus causas y qué consecuencias puede generar en el mundo y particularmente en el territorio colombiano. Para ello hay que comenzar entendiendo **qué es el efecto invernadero** y qué relación tiene con el cambio climático.

La Tierra recibe constantemente radiación proveniente del Sol. Esta energía incide sobre nuestro planeta, de la cual la mayor parte (dos tercios) es absorbida por la superficie terrestre, y el resto (un tercio) es reflejado por la atmósfera, que no la atraviesa, y es re-emitado de nuevo hacia el espacio. Una parte de esos dos tercios de energía que sí atraviesan la atmósfera es reflejada por la superficie terrestre y emitida hacia la atmósfera, de la cual una parte la atraviesa y escapa hacia el espacio, mientras que el resto es absorbida por ella y reflejada de nuevo hacia la superficie terrestre. La siguiente figura ilustra el ciclo global de reflexión - absorción.



Este proceso permite que la superficie del planeta, donde habitamos todos los seres vivos, tenga una temperatura media de 15°C. Esto es el efecto invernadero, la atmósfera simula el comportamiento de un invernadero generando unas condiciones de temperatura más altas que las que hay en su exterior. Realmente si no existiera la atmósfera esa temperatura media sería mucho más fría, aproximadamente -18°C (temperatura efectiva de radiación terrestre), condiciones muy adversas para albergar vida.

Para ser más precisos, la energía absorbida por la atmósfera realmente es absorbida por los gases de efecto invernadero que la componen (entre otros dióxido de carbono, vapor de agua, metano y óxido nítrico), y luego es re-emitada de nuevo a la superficie terrestre, que a su vez absorbe una parte y refleja otra que vuelve a la atmósfera, y así sucesivamente, provocando que la temperatura media de la superficie sea apta para la vida.

Por tanto el efecto invernadero no es un problema en sí mismo sino todo lo contrario, es un mecanismo natural gracias al cual es posible la vida en la Tierra tal y como la conocemos. El problema surge cuando la actividad del hombre, especialmente derivada de sus patrones de comportamiento asociados a un consumo de recursos exacerbado, provoca un aumento de la concentración de GEI en la atmósfera, como así viene ocurriendo en los últimos 100 años por el crecimiento sostenido

de las emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles de diversos sectores económicos, entre ellos el transporte urbano.

En relación a ello, la siguiente tabla muestra los principales GEI que se encuentran en la atmósfera, donde se incluye su contribución al calentamiento y su potencial de calentamiento comparado con el CO₂ (GWP, por sus siglas en inglés).

GASES DE EFECTO INVERNADERO ANTROPOGÉNICO			
Gas	Origen	Contribución al Calentamiento	Potencial de Calentamiento (CO ₂ eq) ³ a 100 años
CO ₂ Dióxido de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> » Quema de combustibles fósiles. (77%) » Deforestación. (23%) 	55%	1
CH ₄ Metano	<ul style="list-style-type: none"> » Minería de carbón. » Fugas de gas. » Deforestación. » Respiración de plantas y suelos. » Fermentación entérica. 	15%	21
N ₂ O Óxido Nítrico	<ul style="list-style-type: none"> » Agricultura y forestería intensivas. » Quema de biomasa. » Uso de fertilizantes. » Quema de combustibles fósiles. 	6%	310
CFCs Cloro Fluoro Carbonos	<ul style="list-style-type: none"> » Diversos usos industriales: refrigeradoras, aerosoles de espuma, solventes. » Agricultura intensiva. 	24%	120 - 12.000

Tabla 1 - Origen de los gases de efecto invernadero v su contribución al calentamiento global. Fuente: Proyecta Fin de Carrera MBT. Universidad de Sevilla

Al aumentar la concentración de GEI en la atmósfera sucede que hay más moléculas absorbiendo la radiación reflejada desde la superficie terrestre, lo que provoca que haya más moléculas re-emitiendo radiación de nuevo hacia la superficie, por lo ésta se calienta más. Esto a su vez provoca que la superficie de los mares y océanos se calienten, por lo que hay más vapor de agua ascendiendo a la atmósfera, que es también un gas de efecto invernadero, por lo que se absorbe más radiación proveniente de la superficie, y así sucesivamente, amplificándose de este modo el efecto invernadero.

El resultado final es un aumento de la temperatura media de la superficie del planeta que provocará importantes variaciones en el clima del planeta, y con ello cambios en la biodiversidad y en bienes y servicios ecosistémicos, que pueden provocar la extinción de miles de especies vegetales y animales y un serio empeoramiento de las condiciones de vida de la humanidad.

En este sentido, el fenómeno del cambio climático hace referencia a una variación estadísticamente significativa en el comportamiento usual del clima

3 - El CO₂-eq o CO₂ equivalente se calcula convirtiendo las emisiones de los otros GEI a emisiones de CO₂ equivalentes a través del balanceo del potencial de calentamiento (ó potencial absorbedor de radiación) de dichos GEI respecto a los del CO₂. Esto se hace así porque el CO₂ es el principal GEI en términos de concentración en la atmósfera, muy por encima del resto. Los datos concretos de esta columna proceden del IPCC-96.

debido a causas de origen antropogénico. Dicha variación se ve reflejada en los rangos usuales de las variables climáticas como la temperatura, la humedad relativa, la presión atmosférica, y en cambios en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos como huracanes, tormentas y sequías.

Por tanto se prevé que el incremento incontrolado de la temperatura media de la superficie terrestre provocará una gran incertidumbre en todos los eslabones de la cadena científica y tendrá efectos a largo plazo, algunos de ellos irreversibles, como la disminución de la extensión de nieves y hielos,

el cambio en la temperatura y acidez oceánica, aumento en el nivel del mar y cambio en los patrones de precipitación.

Esto significa que, primero, debemos prepararnos para entender, prever y actuar frente a los impactos de la variabilidad climática causada por el calentamiento global. La envergadura del fenómeno implica que no hay soluciones fáciles ni rápidas y que es necesario emprender acciones inmediatas y políticas de largo aliento para minimizar los impactos sobre efectos para la segunda mitad del siglo XXI.

1.2. Contaminantes Atmosféricos procedentes del Transporte Urbano

El transporte urbano genera contaminantes debido a que los vehículos utilizados son impulsados en su mayoría por motores que usan combustibles fósiles y, por lo general, estos energéticos no se han usado de la forma más eficiente posible por diversas condiciones económicas, políticas y culturales que lo han impedido. Los combustibles proveen la energía necesaria para propulsar los vehículos, pero al hacerlo también generan emisiones de contaminantes.

Los combustibles fósiles son cadenas más o menos largas de átomos de carbono e hidrógeno, cuya oxidación produce energía y una serie de compuestos que son emitidos desde los tubos de escape a la atmósfera según la siguiente reacción genérica.



Estos contaminantes pueden clasificarse en 3 tipos:

GEI o **contaminantes de efecto global**, cuyos efectos no están directamente vinculados al lugar desde los que son emitidos, y que amplifican el efecto invernadero y por tanto contribuyen al cambio climático; **contaminantes criterio o de efecto local**, cuyos efectos adversos sí se producen en los lugares desde los que son emitidos, afectando a la salud de las personas; y **contaminantes secundarios**, que no son directamente emitidos desde los vehículos, sino que se forman a partir de contaminantes criterios que sí son emitidos desde ellos, y que se combinan en función de las condiciones atmosféricas para formar esos contaminantes secundarios.



Fig. 7 - Contaminantes procedentes del transporte urbano. Fuente: ISOIN

La figura a la izquierda ilustra esta clasificación de contaminantes.

Se muestran los gases de efecto invernadero cuyo aumento de concentración en la atmósfera está provocando el aumento de la temperatura media global y con ello generando el cambio climático.

Realmente el más importante, no por la cantidad de radiación que absorbe sino por su grado de concentración, es el CO₂.

CONTAMINANTES DE EFECTO GLOBAL (GASES DE EFECTO INVERNADERO)



El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más abundante emitido como consecuencia de las actividades humanas y ha contribuido aproximadamente a un 85% del incremento en el forzamiento radiativo durante la primera década del siglo. Según el boletín de la OMM, la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera alcanzó 397,7 partes por millón en 2014, o un 142% del nivel preindustrial de 280 partes por millón.



El segundo gas de efecto invernadero de larga duración más importante es el metano. Aproximadamente, un 40% de las emisiones de metano a la atmósfera proceden de fuentes naturales (por ejemplo, los humedales y las termitas), y aproximadamente un 60 % proviene de actividades como la ganadería, el cultivo del arroz, el transporte, los vertederos y la combustión de biomasa. La influencia de una molécula de CH₄ en el efecto invernadero es 23 veces mayor a la de una molécula de CO₂. En 2014, el metano atmosférico alcanzó un máximo sin precedentes de 1833 partes por billón (ppb), o un 254% del nivel preindustrial, debido al incremento de las emisiones procedentes de fuentes antropogénicas.



Las emisiones de óxido nitroso a la atmósfera proceden de fuentes tanto naturales (casi un 60%) como antropogénicas (aproximadamente un 40%, en particular de la combustión de biomasa, el uso de fertilizantes, el transporte y diversos procesos industriales). En 2011, su concentración atmosférica fue de unas 327,1 partes por billón (ppb), que representa un 121% del nivel preindustrial. La influencia de una molécula de N₂O en el efecto invernadero es 298 veces mayor a la de una molécula de CO₂, y además cumple también una importante función en la destrucción de la capa de ozono de la estratosfera que nos protege de los rayos solares ultravioletas.



El vapor de agua en la atmósfera forma parte del ciclo hidrológico, un sistema cerrado de circulación de agua, del cual existe una cantidad limitada en la Tierra (desde los océanos y la tierra a la atmósfera y vuelta a empezar a través de la evaporación y la transpiración, la condensación y la precipitación). Las actividades humanas no añaden cantidades significativas de vapor de agua a la atmósfera, pero el aumento de la temperatura creado por los gases anteriores hace que se evapore más agua y por tanto se acelere el cambio climático.

Tabla 2 - Características generales de GEI procedentes del transporte urbano. Fuente: Proyecto Fin de Máster LMC, Universidad de Sevilla

A lo largo de las tres últimas décadas, las emisiones de dióxido de carbono del transporte han aumentado más rápido que las del resto de sectores económicos y están proyectadas para aumentar aún más rápidamente en el futuro. De 1990 a 2004, las emisiones de dióxido de carbono de sector transporte en el mundo aumentaron en un 36,5%. Para el mismo período, las emisiones del transporte por carretera aumentaron un 29% en países industrializados y un 61% en otros países (principalmente países en desarrollo o en transición) (UNITAR).

Se proyecta que las emisiones mundiales de CO₂ por el sector del transporte aumentarán en un 140% de 2000 a 2050, con un mayor aumento en los países en desarrollo. En Colombia se espera que pasemos de emitir 23 millones de ton de CO₂ eq en 2010 a cerca de 97 millones en el 2050



Es por ello que la lucha contra el cambio climático desde la perspectiva de la movilidad urbana no es solo pertinente sino imprescindible. Afortunadamente las acciones de cambio climático implican otros **co-beneficios** derivados de la reducción de otras emisiones contaminantes procedentes del transporte urbano, que si bien no están directamente vinculadas al efecto invernadero y al cambio climático, sí generan una reducción de la calidad del aire, provocando problemas de salud en las personas.

A continuación se muestra una tabla descriptiva de los contaminantes criterios, primarios o de efecto local, que si bien no son causa directa del cambio climático, son responsables de la reducción de la calidad del aire en las ciudades y de los problemas de salud para las personas derivados de ello:

CONTAMINANTES DE EFECTO LOCAL

<p>CO Monóxido de Carbono</p>	<p>El CO es un gas incoloro, inodoro y venenoso, que se forma cuando los combustibles no se oxidan completamente. Es uno de los principales gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape de los vehículos. En las zonas urbanas, un porcentaje muy alto de la presencia de CO se debe normalmente a las emisiones por el tráfico vehicular. Su afinidad por la hemoglobina produce importantes problemas de salud. A muy altas concentraciones es mortal.</p>
<p>COV Compuestos Orgánicos Volátiles</p>	<p>Los COV (compuestos orgánicos volátiles) también son consecuencia de la combustión imperfecta del combustible, de manera que carbono no quemado se combina para formar este tipo de compuestos. Las principales fuentes antropogénicas de COV son los procesos de combustión que provienen fundamentalmente del tráfico y las industrias, así como la evaporación por la gestión y almacenamiento de los combustibles en reservas, en el llenado de vehículos y uso de disolventes. Suele ser un ingrediente habitual de otros contaminantes secundarios. Los COV producen irritación de los ojos, nariz y garganta. En casos más severos de exposición provocan dolores de cabeza, pérdida de coordinación y náuseas.</p>
<p>SO₂ Dióxido de Azufre</p>	<p>El SO₂ se forma fundamentalmente por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre (principalmente el carbón y el diesel). Es un gas incoloro, no inflamable, irritante y que provoca alteraciones en las mucosas de los ojos y de las vías respiratorias, afectando a las defensas del sistema respiratorio y agravando el padecimiento de enfermedades cardiovasculares. Los grupos más sensibles a su exposición son los niños, las personas de edad avanzada, así como los individuos que sufren asma, problemas cardiovasculares o enfermedades crónicas del sistema respiratorio. En contacto con la humedad del aire, forma ácido sulfúrico, que se arrastra con la precipitación o se deposita, provocando la acidificación de los suelos, lagos y ríos, con efectos negativos en la vegetación, la aceleración de la corrosión de edificios y monumentos.</p>

PM
Material
Particulado

El material particulado o partículas en suspensión se forman a partir de hidrocarburos, NO_x y SO_2 , pueden desplazarse en largas distancias e ingresan fácilmente al organismo por medio de la respiración. Causan irritación en los ojos, nariz y garganta. Se suelen distinguir partículas de diámetro $< 10 \mu\text{m}$ o PM_{10} y partículas de diámetro $< 2.5 \mu\text{m}$ o $\text{PM}_{2.5}$ pueden entrar fácilmente hasta los pulmones y desde allí ser absorbidas directamente al torrente sanguíneo.

En estudios realizados en los Estados Unidos, se demuestra un incremento de muertes a causa de enfermedades de tipo respiratorio y cardiovascular, cuando ha habido mayor inhalación de este tipo de partículas.

<p>Metales Pesados</p>	<p>Hay una serie de metales pesados conocidos por su tendencia a representar serios problemas medioambientales, como son el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el cromo (Cr), el níquel (Ni), el selenio (Se) o el zinc (Zn).</p> <p>La peligrosidad de estos metales pesados es elevada, ya que no pueden ser degradados ni química ni biológicamente y, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse, es decir, se acumulan en los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que la que alcanzan en los alimentos o medioambiente, estas concentraciones aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica, provocando efectos tóxicos de muy diverso carácter.</p>
<p>Otros Contaminantes</p>	<p>En menor medida se emiten otros contaminantes tales como amoníaco (NH_3), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (HF_6).</p>

Tabla 3 - Características generales de contaminantes de efecto local procedentes del transporte urbano Fuente: Proyecto Fin de Máster LMC, Universidad de Sevilla

Un ejemplo claro de cobeneficios en salud derivados de la implementación de acciones de mitigación para transporte urbano, es el impacto del PM originado en la combustión de ACPM en motores de vehículos de carga y pasajeros. En los años 2007 a 2009 se realizaron estudios pilotos en diferentes zonas de Bogotá, Cali, Medellín, Bucaramanga y Santa Marta con el fin de evaluar el impacto de la calidad del aire sobre la salud de la población. El estudio epidemiológico de Bogotá⁴ sobre una muestra de 610 niños y niñas menores de 5 años expuestos a diferentes niveles de concentración de Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}) en jardines infantiles de las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón, detectó que los niños que están expuestos a mayor contaminación del aire tienen 1,7 veces más riesgo de ausentismo escolar por enfermedad respiratoria aguda. Una disminución de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} reduciría en 41,1% este ausentismo escolar. Se detectó también que un aumento de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el aire intramural produce un aumento de sibilancias de 74,3% en los niños menores de 5 años.

Otro estudio realizado por la Universidad de Los Andes sobre caracterización de material particulado⁵, contaminante emitido por los vehículos y las industrias que mayor incidencia tiene en la salud, determinó que en la zona industrial de Bogotá la contribución de PM_{10} por parte de las fuentes móviles (vehículos) es mayor que la contribución por parte de las fuentes fijas (industrias). Adicionalmente, la probabilidad que el PM emitido por un vehículo sea ingerido por los habitantes de una ciudad es mucho más alta que la probabilidad de ingerir PM emitido por una industria, debido a que las emisiones de los vehículos recaen directamente sobre las personas (en los andenes, en los cruces de los semáforos y dentro de los vehículos en los cuales se transportan a diario durante varias horas al día).

4 - Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Secretaría Distrital de Salud, 2009. Asociación entre la contaminación del aire y la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda en menores de 5 años en tres localidades de Bogotá.

5 - Behrentz et al, 2008. Definición de elementos técnicos para la formulación de políticas distritales encaminadas al mejoramiento de la calidad del Aire en Bogotá. Parte D, caracterización del material particulado. Secretaría Distrital de Ambiente, Universidad de los Andes.

Finalmente, se muestra en la siguiente tabla el tercer tipo de contaminantes procedentes del transporte urbano: los contaminantes secundarios, generados a partir de la combinación de contaminantes primarios, y que son responsables de fenómenos como el aumento de la concentración de ozono troposférico o el smog fotoquímico.

CONTAMINANTES SECUNDARIOS	
<p>O₃ Ozono</p>	<p>El ozono es un gas azulado, inestable y con un olor fuerte y penetrante, presente de forma natural en pequeñas proporciones por toda la atmósfera, particularmente en la estratosfera, donde forma la conocida Capa de Ozono. A esas altitudes, el ozono tiene un comportamiento beneficioso puesto que filtra la radiación ultravioleta que llega a la Tierra proveniente del Sol. Por contra, a nivel de suelo el ozono troposférico tiene efectos negativos causando problemas sobre la salud de las personas (aumenta las dificultades respiratorias en personas sensibles) y sobre la vegetación y los ecosistemas. Es un contaminante secundario que se forma a partir de la combinación de NO_x con el oxígeno del aire en presencia de COV y favorecido por condiciones de altas presiones, elevada radiación solar y viento débil.</p>
<p>PAN Nitrito de Peroxiacilo</p>	<p>Se genera por la combinación de ozono, óxidos de nitrógeno y COVs. Es además uno de los precursores del fenómeno del smog fotoquímico, en condiciones de elevada radiación solar. Los PAN son tóxicos y lacrimógenos, causando irritación en los ojos incluso a bajas concentraciones. En concentraciones más altas causan grandes daños a la vegetación.</p>
<p>SMOG Niebla Contaminante</p>	<p>El smog fotoquímico es una forma de contaminación originada a partir de la combinación del aire con contaminantes primarios, ozono y PAN durante un largo período de altas presiones (anticiclón), que provoca el estancamiento del aire y, por lo tanto, la permanencia de ellos en la troposfera. Es el responsable de las llamadas boinas de contaminación que en ocasiones aparecen sobre las grandes ciudades. Aparece con más frecuencia durante periodos de clima cálido y soleado cuando la capa superior del aire es lo suficiente gruesa como para inhibir la circulación vertical. Esto es especialmente habitual en cuencas geográficas y lugares rodeados de lomas o montañas, en donde los contaminantes quedan atrapados debidos al efecto de la inversión térmica (el aire caliente queda a mayor altura que el frío, que al ser más denso, no asciende). En la línea de los anteriores contaminantes, el smog es muy perjudicial para la salud, siendo causa de numerosos problemas respiratorios.</p>

Tabla 4 - Características generales de contaminantes secundarios derivados del transporte urbano. Fuente: Proyecto Fin de Máster LMC, Universidad de Sevilla

El deterioro de la calidad del aire reduce la calidad de vida y genera grandes costos sociales, económicos y ambientales, razón por la cual resulta indispensable tomar medidas que ayuden a controlar las emisiones de contaminantes en todos los sectores económicos, pero especialmente en los sistemas de movilidad ya que son ellos el principal soporte del desarrollo local.



Fig. 8 - Smog fotoquímico consecuencia de la contaminación urbana en Bogotá. Fuente: Silvana García, GAADS, Ministerio de Transporte.

1.3. La Movilidad Urbana en Colombia frente al Cambio Climático

El transporte colombiano consumió 366,176 TJ en el año 2010 siendo el sector de mayor demanda de energía (según datos del PAS 2015 para el sector Transporte). El segmento carretero demandó el 80% de la energía de este sector.

Este consumo de energía generó un total de emisiones de GEI que alcanzó en 2010 las 22,66 millones de toneladas de CO₂-eq, dato que en 2012 era ya de 29,6 millones de toneladas, que suponen el 16,7% de las emisiones nacionales y al 38% de las emisiones por consumo de energía (“Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” IDEAM, 2015).



Fig. 9 - Plaza de Bolívar de Manizales. Fuente: ISOIN

La siguiente tabla muestra la distribución de esas emisiones de GEI cuantificados para el sector transporte carretero colombiano por categorías en 2010:

CATEGORÍAS EN LAS EMISIONES DEL TRANSPORTE CARRETERO	
Subcategoría	Año 2010
Carga interurbana	42%
Carga Urbana	10%
Privado	20%
Público Urbano	18%
Público interurbano	10%

Estas subcategorías conformaban una flota nacional de transporte carretero registrada en 2010 compuesta por 7 millones de vehículos, de los cuales 6,7 millones era flota liviana (camperos, camionetas, automóviles y motocicletas). Por encima de estos números destaca su alta edad promedio, que en 2010 para los camiones fue de 17 años y para buses y vehículos livianos de 15 años (UMUS Ministerio de Transporte, 2015).

La figura siguiente muestra la cantidad de emisiones de GEI por subsectores y proyectadas al año 2040. Los supuestos principales de las predicciones se acordaron tras múltiples sesiones de trabajo realizadas durante el año 2012, conformadas por expertos sectoriales

Tabla 5 - Aporte de las diferentes categorías en las emisiones del transporte carretero. Fuente: UMUS Ministerio Transporte 2015

públicos y privados, nominados por los Ministros y Gerentes de Empresas de Servicios Públicos⁶. Dentro de las consideraciones principales se encuentra el número de vehículos registrados por el RUNT⁷, el rendimiento de combustible (galón/kilómetro) de las diferentes tipologías vehiculares y el Factor de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC)⁸; el cual corresponde con la cantidad (en gramos) de dióxido de carbono generado por unidad de energía del combustible utilizado (g CO₂/Tera julio) y es diferente para cada energético disponible en el país.

Esta tendencia se debe a las altas tasas de motorización de estos vehículos, la cual está directamente relacionada con el crecimiento económico de la nación y se explica como la tendencia de una población a adquirir bienes, entre ellos un vehículo, y a realizar más actividades (mayor número de viajes) a medida que su condición económica es mejor. Se espera que la tasa de motorización pase de 70 vehículos a cerca de 320 vehículos livianos por cada 1.000 habitantes en 2040 y para las motos se espera una tasa de 270 motocicletas por cada 1.000 habitantes.

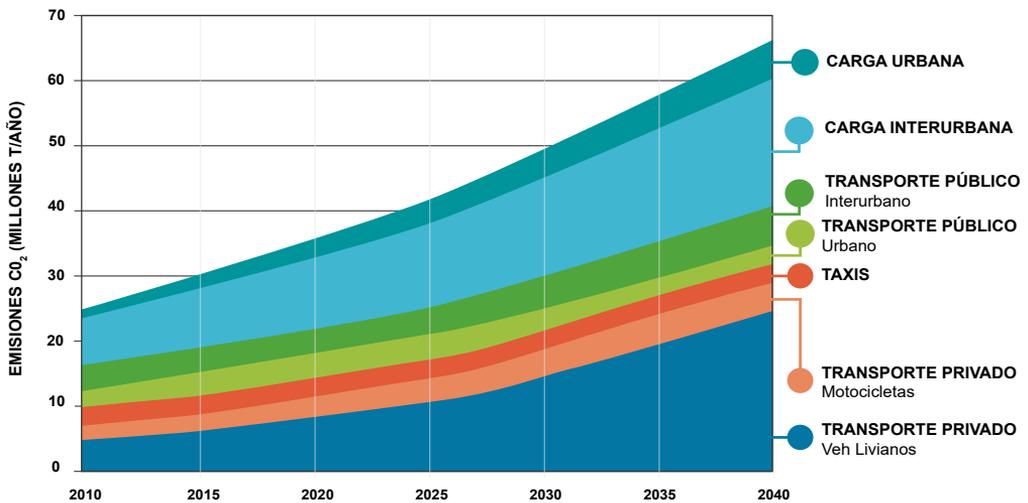


Fig. 10 - Emisiones de GEI del Sector Transporte proyectadas al año 2040. Fuente: Elaboración propia basada en PAS 2015 para el Sector Transporte

Un escenario es una descripción estimable sobre cómo puede desarrollarse el futuro. Esta descripción está basada en un conjunto de variables y supuestos sobre fuerzas y relaciones de cambio claves, que pueden originar un convincente posible estado futuro del mundo. En este caso, los supuestos de modelación del escenario presentado⁹ proponen que la cantidad de viajes que atiende el servicio público individual (taxis) será el mismo (5%) y que el elevado uso del vehículo particular restará demanda sobre el sistema de transporte público de las ciudades; lo que sugiere que el tamaño del parque de este sistema no debería aumentar de manera considerable y su operación se mantendría relativamente constante en el periodo de análisis.

En el sector de carga se usa como parámetro principal la proyección de la carga transportada (toneladas al año) y éste ajustado al crecimiento económico. Por último, tiene que los medios no motorizados mantienen el número de viajes y por lo tanto decrece porcentualmente su participación frente a los demás modos de transporte.

6 - MADS-UNIANDÉS 2012 presenta en detalle los argumentos técnicos y de participación que fueron usados en la construcción de los resultados

7 - RUNT: Registro Único Nacional de Tránsito. Ministerio de Transporte

8 - FECOC desarrollados por la Unidad Nacional de Planeación Minero Energética UPME

9 - Productos Analíticos para Apoyar la Toma de Decisiones sobre Acciones de Mitigación a Nivel Sectorial, SECTOR TRANSPORTE Reporte final, Uniandes 2014

Con respecto al transporte urbano de pasajeros, en el año 2010 el transporte urbano público y privado consumió 160.000 TJ y generó emisiones de CO₂ del orden de 11 millones de toneladas. Para el final del periodo se estima que las emisiones serán del orden de unos 35 millones de toneladas anuales de CO₂.

La tasa promedio de movilización pasa de 1,6 viajes diarios por habitante 2010 a 2,1 en el año 2040. Esto sumado al crecimiento de la población, lleva a que se duplique el número de viajes que se hacen diariamente en el país, alcanzando 105 millones en el año 2040. La energía necesaria para realizar dichos viajes se triplica en el mismo periodo, dado el cambio en los modos de transporte en los centros urbanos.

MODO	PARTICIPACIÓN (%)			
	2010	2020	2030	2040
Transporte privado	18%	24%	35%	47%
Transporte público	52%	51%	44%	33%
No motorizado	22%	17%	14%	11%
Taxi	5%	5%	5%	5%
Otros	3%	3%	3%	3%

Tabla 6 - Participación de las diferentes categorías de transporte en los viajes urbanos actual y futura. Fuente: Productos Analíticos para Apoyar la Toma de Decisiones sobre Acciones de Mitigación a Nivel Sectorial, UniAndes (2014)

Aun así el transporte público reducirá su participación a un 33% de los viajes urbanos en 2040. La participación que pierde el transporte público y el transporte no motorizado, es suplida por el transporte privado de pasajeros.



Fig. 11 - Transporte público en la ciudad de Medellín. Fuente: ISOIN

Según las proyecciones de las tasas de motorización, en la próxima década se habrá duplicado la flota de vehículos particulares, llegando en 2040 a 19 millones de unidades en el país. Esto es el resultado de pasar de una tasa de 70 vehículos por cada 1.000 habitantes en el año 2010 a cerca de 320 vehículos por cada 1.000 habitantes en el 2040. Por otra parte, se estima que el parque de motocicletas ascenderá a 15 millones de unidades al final del periodo de análisis.

INDICADOR	AÑO	
	2010	2020
Motocicletas/1.000 habitantes	77	252
Vehículos livianos/1.000 habitantes	71	317
Motocicletas (millones)	3,5	15
Vehículos livianos (millones)	3,2	19

Tabla 7 - Indicadores de motorización actuales y proyectados para 2040. Fuente: Productos Analíticos para Apoyar la Toma de Decisiones sobre Acciones de Mitigación a Nivel Sectorial, UniAndes (2014)



Fig. 12 - Tráfico en la ciudad de Medellín. Fuente: ISOIN

Mejorar esta situación esperada constituye todo un reto para el país, y especialmente para la gestión de la movilidad y el transporte a nivel local, donde, partiendo de la planeación y los programas y políticas nacionales de mitigación del cambio climático, los responsables y autoridades políticas y de transporte urbano juegan un papel crucial en la definición y puesta en marcha final de las acciones que contribuyan a mejorar esta tendencia.

Este reto genera a su vez una gran oportunidad para estas autoridades locales para aprovechar las sinergias y co-beneficios derivados de la ejecución de dichas acciones. Mejorar el transporte urbano no solo es beneficioso en el marco de la lucha contra el cambio climático, sino que permite obtener beneficios asociados a la habitabilidad y la calidad de vida en las ciudades. La mejora de la movilidad urbana no solo permite reducir la congestión y la contaminación del aire, sino que va mucho más allá, pues permite consolidar ciudades inclusivas, accesibles, seguras, resilientes y sostenibles y, consecuentemente, un modelo de crecimiento verde para el país. Abordar los problemas de movilidad desde la perspectiva del cambio climático permite hacer énfasis en soluciones integrales, que beneficien la planeación urbana compacta y accesible, el uso de energías limpias, y la innovación en tecnologías de información para cuantificar y controlar el desempeño ambiental de los sistemas de movilidad.¹⁰

10 - Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



CAPÍTULO 2

Reducción de Emisiones del Transporte Urbano como Estrategia de Mitigación del Cambio Climático

Capítulo 2

Reducción de Emisiones del Transporte Urbano como Estrategia de Mitigación del Cambio Climático

U vez expuestos los principales conceptos acerca del cambio climático y su relación con las emisiones procedentes de sistemas de movilidad urbana, se describen en este segundo capítulo de la guía: i) algunas metodologías para la cuantificación de emisiones de contaminantes locales y GEI; y ii) alternativas de mitigación de emisiones que se pueden poner en marcha en el ámbito local, en sintonía con las políticas nacionales y los compromisos globales.

De esta forma, este capítulo pretende apoyar el fortalecimiento de capacidades en el lector tanto para construir inventarios y construir escenarios de referencia, como para identificar y priorizar proyectos concretos que permitan reducir emisiones y, simultáneamente, mejorar la calidad del aire en nuestras ciudades y el bienestar de las personas.



Fig. 13 - Calle Candelaria de Bogotá durante una jornada sin tránsito motorizado. Fuente: ISOIN

2.1 Cuantificar la Responsabilidad del Transporte: Inventarios de Emisiones

El primer paso para saber qué tipo de actuaciones poner en marcha a nivel local para luchar contra el cambio climático, es tener un diagnóstico confiable con un inventario de referencia actualizado y con una metodología de cálculo estandarizada.

Teóricamente las emisiones que se generan en una región podrían cuantificarse midiendo la cantidad de sustancias emitidas desde todas las fuentes, durante el periodo de interés. En la práctica, sin embargo, no es posible realizar medidas individuales, recurriendo más bien al uso de valores representativos por tipo de fuente o utilizando modelos de diferente complejidad, que relacionan la actividad en dicha fuente, con la cantidad y tipo de sustancias que se emiten hacia la atmósfera.

La estimación de las emisiones de tráfico vehicular es bastante compleja. Interfieren una serie de factores como el peso de los vehículos, la

capacidad, diseño y condiciones de funcionamiento de los motores, el tipo y características de los combustibles, el rendimiento de los dispositivos de control de las emisiones del escape, la variabilidad de los ciclos reales de recorrido, o las características de la red vial (como la pendiente). Es por ello que el desarrollo de modelos de emisión es fruto de un trabajo progresivo y minucioso con base en toda esa información, que aporta resultados muy importantes de cara a la toma de decisiones. Con el tiempo, estos modelos han venido adaptándose a los nuevos escenarios de la movilidad, ofreciendo inventarios que se asemejan cada vez más a los verdaderos valores de emisión.

En general, el cálculo de las emisiones contaminantes, en este caso procedentes del transporte urbano, se calculan siempre bajo la misma fórmula base:

$$E_{Tot} = E_{ud} \times Ud$$



$$E_{Tot} = E_{km} \times Km$$

E_{Tot} Emisiones totales calculadas
 E_{ud} Emisiones por unidad de referencia (factor de emisión)
 Ud Unidades de referencia totales que forman parte del cálculo

Ecuación 1

Adaptación de Ecuación 1 al caso transporte
 E_{km} Emisiones por km (factor de emisión)
 Km Kilómetros totales considerados para el cálculo

Ecuación 2

Un **factor de emisión** es un valor representativo de la cantidad de sustancia contaminante que se libera hacia la atmósfera con relación a la actividad asociada que la produce. Usualmente, se expresan como el peso de contaminante dividido por la unidad de peso, producción, volumen, distancia o duración de la actividad asociada (por ejemplo: kilogramos de partículas emitidas por tonelada de carbón quemado).

El desarrollo de modelos de emisión debe ser un trabajo progresivo, minucioso y comprensivo de la disponibilidad de información, pero también de la necesidad de tener buenos números para la toma de decisiones.



En muchos casos, estos factores son valores medios de los datos disponibles y normalmente se asume que son representativos a largo plazo para todas las actividades clasificables dentro de una categoría específica, con la asunción de que existe una relación lineal entre las emisiones y el nivel de actividad asociada, dentro de un rango probable de actuación.



Fig. 14 - Gases de escape de un vehículo alimentado por combustible de origen fósil. Fuente: ISOIN

En el caso del transporte urbano, suelen manejarse dos tipos de factores de emisión en función de la tipología de la información de base disponible para realizar el cálculo: factor de emisión por distancia (gramos de contaminante emitido/ km recorrido) o bien factor de emisión por combustible consumido (gramos de contaminante emitido/ galón de combustible consumido).

A continuación se muestran los principales métodos de cálculo de inventarios ambientales para cuantificar las emisiones contaminantes procedentes del transporte urbano. Estos métodos permitirán calcular no solo emisiones de GEI sino también de contaminantes criterios, primarios o de efecto local, por lo que se trata de herramientas fundamentales también para iniciar el camino de la mejora de la calidad del aire y de la salud de la población urbana. Fundamentalmente se distinguen según el flujo de la información de base necesaria para realizar los cálculos:

- » **Modelos "Top-down" o de Arriba hacia Abajo:** El concepto "top-down" supone calcular las emisiones en total para una determinada entidad administrativa, a escala macroscópica, y luego realizar una distribución espacial de las mismas utilizando patrones de distribución. Esta metodología presenta una precisión global satisfactoria si se usan los parámetros de actividad adecuados, requiere un número reducido de datos de entrada y un volumen moderado de cálculo.
- » **Modelos "Bottom-up" o de Abajo hacia Arriba:** Una aproximación "bottom-up" o a microescala requiere un conocimiento detallado de los parámetros referidos a cada actividad emisora en cada unidad de referencia (tipo de uso de suelo, número de coches, consumos de combustible, densidad de población, etc.) con objeto de estimar su contribución a las emisiones totales. La precisión de la distribución geográfica es muy elevada pero también es mayor el volumen de cálculo.

2.1.1. Modelos de Arriba hacia Abajo

Este método consiste en contabilizar el carbono contenido en los combustibles que ingresan a la economía. Se parte del siguiente supuesto: una vez que el carbono ingresa a una economía nacional en forma de combustible, éste es almacenado de alguna manera (incremento de inventarios, secuestrado en productos, en forma de cenizas no-oxidadas) o emitido a la atmósfera. Para calcular el carbono emitido, no es necesario saber exactamente cómo fue utilizado ese combustible o a qué transformación intermedia fue sometido. La contabilidad del carbono incluye básicamente, la oferta total de combustibles primarios y el volumen neto de los secundarios que ingresan al país.

Acotando al ámbito del transporte urbano, la filosofía de este tipo de modelos es la de realizar cálculos globales para una cierta área geográfica partiendo de información general de base disponible, para a partir de ese resultado inicial ir refinando la demanda en diversos sectores productivos hasta llegar a la unidad menor deseada para el análisis.

Es preciso remarcar que el gobierno colombiano está realizando importantes esfuerzos para implementar herramientas nacionales para el cálculo de las emisiones derivadas de la combustión de combustibles fósiles, lo que se conoce como “huella de carbono”, basada en la realización de balances energéticos para todos los sectores que sustentan la economía colombiana. La calculadora colombiana de carbono es un ejemplo de ello.¹¹

De cualquier forma, a continuación se describen los principales modelos de Arriba hacia Abajo para el cálculo de emisiones contaminantes derivadas del transporte urbano a nivel internacional que son los siguientes:

MOBILE¹²

Fue diseñado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) para dar respuesta a la posibilidad de estimar cuantitativamente escenarios de polución del aire proveniente del sector del transporte. El modelo calcula las tasas de emisión a partir de diversas variables, tanto ambientales como de circulación (temperaturas ambientales, velocidades medias de tráfico, etc.). Este método es utilizado para evaluar fuentes emisoras móviles entre otros por estados y organismos de planificación local y regional para el desarrollo de inventarios y estrategias de control de emisiones para Planes de Implementación del Estado en virtud de la Ley de Aire Limpio; por organizaciones de planificación metropolitana y los departamentos estatales de transporte para la planificación y el análisis; por los investigadores académicos e industriales que llevan a cabo la investigación; y en el desarrollo de las declaraciones de impacto ambiental.

La versión más reciente del software para implementar el cálculo es MOBILE 6.2, que calcula los factores de emisión tanto de GEI como de contaminantes de efecto local para 28 tipos de vehículos. La estimación de los factores de emisión depende de diferentes condiciones, tales como la temperatura ambiente, la velocidad de viaje, los modos de operación, la volatilidad del combustible

y la proporción de distancias recorridas por cada tipo de vehículo. Muchas de las variables que afectan las emisiones vehiculares pueden ser especificadas por el usuario. El programa puede estimar factores de emisión para cualquier año calendario entre 1952 y 2050, para los vehículos con no más de 25 años de antigüedad y para tres tipos de combustible: gasolina, diesel y gas.

Para el análisis se deben incluir las emisiones producidas por el tránsito local, al igual que las emisiones de los vehículos que transitan las vías más importantes, junto con variables medias de condiciones atmosféricas, por lo que muchas autoridades locales recopilan esta información, que a la postre compondrá las entradas del modelo. Las emisiones producidas por las fuentes móviles se determinan multiplicando la distancia de viaje recorrida por el vehículo y el factor de emisión estimado por MOBILE 6.2

EIIP¹³

El programa Emission Inventory Improvement Program (EIIP), que pertenece también a la EPA de los Estados Unidos, se estableció en 1993 para promover el desarrollo y uso de procedimientos para recopilar, calcular, almacenar, presentar y compartir información sobre las emisiones atmosféricas.

11 - <http://www.calculadoracolombia2050.com/>

12 - <http://www3.epa.gov/otaq/m6.htm#m60>

13 - <http://www3.epa.gov/ttn/chief/eiip/index.html>

Los documentos del EIIP se incluyen dentro de la herramienta de gestión de información sobre emisiones *Air Chief (Air ClearingHouse For Inventories And Emission Factors)* que la EPA actualiza anualmente. La última versión disponible es *Air Chief 10*.

El grupo *Emission Factor and Inventory Group (EFIG)* es responsable de recopilar la información sobre las emisiones atmosféricas (tanto GEI como contaminantes de efecto local) y estructurar los inventarios nacionales en los Estados Unidos. Este grupo desarrolla, mantiene, actualiza y amplía sistemáticamente una serie de documentos que incluyen una variedad de factores de emisión (*Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*) que se incluye dentro de *Air Chief* y que se puede consultar fácilmente con la herramienta de gestión *FIRE (Factor Information Retrieval)*. Si bien su empleo se enfocó desde un principio a las emisiones procedentes de fuentes fijas de emisión, se desarrolló un método para la cuantificación de emisiones procedentes de fuentes móviles, basado en factores de emisión ya calculados mediante *MOBILE*, y además con base en fuentes de datos estadísticas procedentes de fuentes oficiales, cuya disponibilidad se reduce a lugares que disponen dicha información.

Guías IPCC¹⁴

El IPCC fue creado por la *World Meteorological Organization (WMO)* y la *United Nations Environment Programme (UNEP)* en 1988, con el objetivo de evaluar la información científica, técnica y socioeconómica, para un mejor entendimiento de la influencia antropogénica en el cambio climático. Para ello se conformaron tres grupos de trabajo y un grupo operativo. El primer grupo evalúa la información científica sobre el sistema climático y el cambio climático. El segundo grupo trata sobre la vulnerabilidad (impactos y adaptación) de los sistemas naturales y socioeconómicos con relación a los efectos del cambio climático. El tercer grupo analiza las opciones y alternativas para limitar la emisión de GEI y la manera de mitigar sus efectos.

El grupo operativo supervisa el IPCC National Greenhouse Gas Inventories Program (IPCC-NGGIP), cuyos principales objetivos son:

- » Desarrollar metodologías y software de aceptación internacional, para el cálculo y presentación de los inventarios nacionales de los GEI.
- » Fomentar el uso generalizado de estas metodologías por parte de los países que adoptaron la CMNUCC.

Inicialmente se desarrollaron los documentos IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories que luego fueron reemplazados por las guías Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Estos documentos incluyen criterios para el cálculo de las emisiones atmosféricas de los principales GEI y contaminantes de efecto local, si bien los factores de emisión para el cálculo de las emisiones en muchos casos son tomados a su vez de EMEP/CORINAIR (se expone en el siguiente apartado) y EPA.

Como complemento a dichas guías se editaron los documentos Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories; que fueron aprobados y publicados por el IPCC en el año 2000. Proporcionan criterios para el desarrollo de inventarios transparentes, documentados, consistentes, comparables, que incluyan una evaluación de la incertidumbre, que se desarrollen bajo un protocolo de control de calidad y seguridad.

A nivel nacional en Colombia estas guías del IPCC son las empleadas para realizar los inventarios nacionales de GEI, a través del reporte por parte de los diversos sectores de la información necesitada, con los que luego se conforman entre otros las INDC así como los informes bianuales para la CMNUCC.

14- http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

A continuación se presenta una tabla comparativa de estos 3 modelos con los principales aspectos que los caracterizan:

CARACTERÍSTICAS	MOBILE	EIIP	GUÍAS IPCC
Calcula emisiones de GEI (descritos en el Capítulo 1)	SI	SI	SI
Calcula emisiones de contaminantes de efecto local (descritos en el Capítulo 1)	SI	SI	SI
Precisa de datos de históricos de emisiones	SI	SI	NO
Precisa de datos climatológicos del área de estudio	SI	SI	NO
Precisa de datos asociados al ciclo de vida del combustible en el área de estudio	NO	NO	SI
Precisa de otros métodos para el cálculo de los factores de emisión	NO	SI	SI
Calcula también previsiones a futuro de emisiones	SI	NO	NO
Habilita el cálculo a través de software	SI	SI	NO

Tabla 8 - Comparativa de los principales métodos top-down de cálculo de emisiones contaminantes procedentes del transporte urbano.
Fuente: Elaboración propia con base en información contenida en las tres páginas web indicadas de cada metodología

De la tabla anterior se concluye que el método más exacto es el MOBILE, en la medida en que permite obtener resultados tanto de escenarios actuales como futuros, si bien es preciso conocer mucha información de referencia en el municipio relacionada con históricos de tráfico, de condiciones climatológicas y de emisiones contaminantes, que forman parte de las entradas del modelo. Es por ello que será muy útil en la medida en que se disponga de esa información.

El método EIIP precisa también de mucha información de referencia similar al anterior, si bien no está tan orientado a escenarios futuros y presenta la particularidad de que calcula los factores de emisión a partir del método MOBILE, por lo que los resultados pueden no ser tan exactos con respecto a emplear el método MOBILE, para la misma información de referencia conocida para el municipio.

Finalmente las guías IPCC tienen su principal inconveniente de nuevo en la información de referencia que forma parte de las entradas del modelo, sobre todo en cuanto al ciclo de vida del carbono del combustible en el municipio analizado, y además presenta factores de emisión pre-calculados con otras metodologías (MOBILE, EMEP), por lo que los resultados en muchos casos serán solo aproximados. Precisamente para aumentar la exactitud de los resultados y no depender de otras metodologías, el gobierno nacional se encuentra actualmente determinando los factores de emisión de los combustibles colombianos, contándose incluso con la herramienta FECOC para su determinación.

Los modelos de Arriba a Abajo o top-down son interesantes cuanto mayor sea la información de base agregada conocida para el municipio (sobre tráfico, condiciones climáticas y ciclo de vida del combustible). Si no se dispone de información agregada, es más recomendable utilizar modelos de Abajo a Arriba o bottom-up, donde se parte de información más fácilmente recopilable por parte de las autoridades locales y permite obtener resultados para zonas concretas que posteriormente pueden ser agregados a toda la ciudad.



2.1.2. Modelos de Abajo hacia Arriba

En este tipo de enfoque, se contabilizan las emisiones de contaminantes partiendo del consumo final de combustible, para lo cual, se deben contabilizar los consumos reales de cada combustible específico en las diferentes subcategorías de uso final, tomando en cuenta los procesos y tecnologías particulares; es necesario tratar de ser lo más preciso posible en esta desagregación. Las emisiones resultantes del amplio rango de usos finales se agregan para llegar al valor de las emisiones nacionales.



Fig. 15 - Panel de control de un centro de control de tráfico. Fuente: ISOIN

Estos modelos, conociendo ciertos inputs asociados al tipo de tráfico urbano de la red viaria y del parque móvil de un municipio, **tienen la ventaja de que permiten calcular directamente inventarios desagregados de emisiones contaminantes para un zona urbana, una vía o incluso un tramo de vía, por lo que arroja información valiosa para detectar puntos concretos de la ciudad con superación de umbrales de contaminación donde sea necesario implementar alguna actuación concreta de mitigación.** La agregación de vías dará posteriormente como resultado el inventario total para la ciudad analizada.

En este caso a nivel internacional destaca el método europeo **EMEP/CORINAIR¹⁵** que con base en las características de los desplazamientos, de la red viaria y del parque de vehículos permite calcular las emisiones contaminantes.

En 1984 buena parte de los países europeos suscribieron el protocolo *Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants*

in Europe (EMEP), con el fin de reportar sus emisiones atmosféricas, medir y registrar datos sobre la calidad del aire y de la lluvia; y modelizar la dispersión atmosférica. Un año después con la Decisión 85/338/EEC se estableció un programa para la recopilación y gestión de la información sobre el estado del medio y de los recursos naturales en Europa. Este programa denominado CORINE (**CO**-o**R**dination d'**IN**formation Environnementale) incluía un componente para la recopilación, mantenimiento, manejo y publicación de las emisiones atmosféricas, CORINAIR (**COR**E **IN**ventory of **AIR**emissions). CORINAIR se sustenta en el desarrollo y presentación de inventarios nacionales por parte de los países miembros, que se van almacenando en una base de datos de acceso público. 10 años después, en 1996, la EEA publicó la primera versión de guías (EEA, 1996) para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas. Estas guías fueron desarrolladas conjuntamente por EMEP/CORINAIR, como fuentes de consulta actualizables, para diversas categorías o sectores de emisión, entre ellos el

15 - <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>

sector transporte. Desde entonces las guías se han ido actualizando, mejorándose paulatinamente los procesos de cálculo de los factores de emisión de los GEI así como de los contaminantes de efecto local.

El enfoque bottom-up permite realizar cálculos de emisiones contaminantes para puntos, tramos o zonas concretas del viario, cuya agregación posterior permite establecer los inventarios de emisiones para toda la ciudad o municipio estudiado. Asimismo permite realizar cálculos

para un solo vehículo para luego agregar hasta obtener el total de emisiones para todo el parque móvil de la ciudad. Particularmente la metodología EMEP/CORINAIR presenta la ventaja adicional de que ofrece **3 niveles de cálculo en función del volumen de información de base disponible** por parte del gobierno local o autoridad local de transporte urbano implicado (niveles 1 al 3 de menor a mayor requerimiento de información de base), por lo que aporta una **componente de flexibilidad fundamental para municipios donde se disponga de poca información previa.**

A continuación se describen las **principales características de esta metodología:**

- » Los contaminantes cubiertos por esta metodología incluyen tanto los GEI como los contaminantes criterios, primarios o de efecto local.
- » La información asociada al parque de vehículos automotores que forma parte de las entradas del modelo es la siguiente:
 - Tipo de vehículo (ligero, pesado, dos ruedas...)
 - Norma Euro de emisiones (Euro I, II...VI), relacionada con la antigüedad de los vehículos
 - Cilindrada de los vehículos
 - Tipo de combustible (gasolina, diésel, gas, híbridos)
 - Para vehículos pesados el peso bruto vehicular (PBV) y el índice de carga (de vacío a lleno)
- » La información asociada al recorrido de los vehículos que forma parte de las entradas es la siguiente:
 - Velocidad media del recorrido de cada vehículo
 - Pendiente media del recorrido realizado
 - Tipo de vía que forma parte del recorrido (una calzada, dos calzadas)
- » Con todos los datos anteriores cuantificados para un determinado horizonte temporal (una hora, un día...) se accede a una serie de tablas para calcular los factores de emisión de cada contaminante, donde se seleccionará la correlación matemática que es de aplicación y el valor de sus coeficientes. El resultado serán los gramos de contaminantes emitidos/ km recorrido para cada vehículo.
- » Conociendo el total de km recorridos se obtendrán para cada vehículo sus emisiones totales para cada contaminante en el horizonte temporal fijado. Si este cálculo se realiza para todos los vehículos que realizan ese recorrido, y para todos los recorridos que se realizan a través de la red viaria urbana, se irán agregando resultados hasta llegar al total de emisiones contaminantes procedentes del transporte urbano en el municipio analizado.
- » Se dispone de una herramienta para habilitar el cálculo informático mediante el software COPERT4¹⁶.

La siguiente figura muestra el esquema general de la metodología EMEP/CORINAIR para la cuantificación de GEI (así como de contaminantes criterio y consumos energéticos:

¹⁶ - <http://emisias.com/products/copert-4>

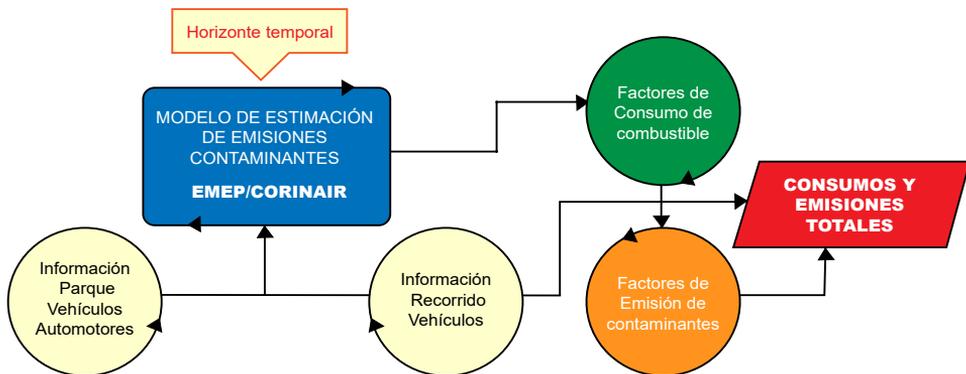


Fig. 16 - Esquema general de la metodología EMEP/CORINAIR para la cuantificación de emisiones contaminantes. Fuente: Elaboración propia con base en EMEP/CORINAIR Guidebook 2013

Ejemplo de Aplicación

Se pretende calcular las emisiones de CO₂ procedentes de un automóvil de gasolina de 1.6 litros de cilindrada y estándar de emisiones compatible con Euro 4, que durante un día recorre 50 km en núcleo urbano a una velocidad media de 40 km/h. Al tratarse del CO₂ (principal GEI), el **proceso de cálculo** es el siguiente:

1

CALCULAR EL FACTOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO

En función de la información disponible del vehículo y su recorrido, la metodología ofrece diversas tablas para su cálculo, con base en los tres niveles anteriormente indicados, todos ellos incluidos en la Guía EMEP/CORINAIR (disponible en el anexo digital).

2

CALCULAR EL FACTOR DE EMISIÓN DE EMISIÓN DE CO₂

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{CO_{2,j,m}}^{CALC} = 44.011 \times \frac{FC_{j,m}^{CALC}}{12.011 + 1.008 r_{H:C,m} + 16.000 r_{O:C,m}}$$

$ECO_{2,j,m}^{calc}$	Factor de emisión de CO ₂ en [g/km] para los vehículos de la categoría j, con combustible tipo m.
$FC_{j,m}^{calc}$	Factor de consumo de combustible en [kg/km] para los vehículos de la categoría j, con combustible tipo m.
$r_{H:C,m}$	Relación de hidrógeno y carbono que tiene el combustible m.
$r_{O:C,m}$	Relación de oxígeno y carbono que tiene el combustible m.

La relación de átomos de H y C así como de O y C dependen de la naturaleza del combustible. Sus valores están tabulados. Por lo tanto cada uno de los niveles aplican al cálculo del factor de consumo, el cálculo del factor de emisión de CO₂ será siempre bajo la ecuación anterior.

Ecuación 3

3

CALCULAR LAS EMISIONES TOTALES DE CO₂

Basta con multiplicar el factor de emisión del CO₂ por los km realizados por el vehículo. Con base en lo anterior el ejemplo queda como sigue:

CÁLCULO DEL FACTOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE (EN LOS TRES NIVELES)

NIVEL 1 (NIVEL BAJO DE INFORMACIÓN DE BASE PREVIA REQUERIDA)

Para los datos del vehículo del ejemplo, aplicando la correspondiente tabla de factores de consumo de combustible para el nivel 1 (incluida en anexo digital-Guía EMEP/CORINAIR) se obtiene un factor de emisión de 70 g gasolina/km recorrido.

La información de base requerida ha sido: tipo de vehículo y tipo de combustible.

NIVEL 2 (NIVEL MEDIO DE INFORMACIÓN DE BASE REQUERIDA)

A un turismo gasolina compatible con la norma de emisiones Euro 4 y 1.6 litros de cilindrada, según la tabla de factores de consumo del nivel 2 (incluida en anexo digital-Guía EMEP/CORINAIR) le corresponde un factor de consumo de 66 gramos de combustible/km recorrido.

La información de base requerida es el tipo de vehículo, su combustible, su normativa Euro (o compatible) de emisiones y su cilindrada.

NIVEL 3 (NIVEL ALTO DE INFORMACIÓN DE BASE REQUERIDA)

Para el caso de un turismo gasolina cuya normativa de emisiones es igual o superior a la Euro 1 (o compatible) el factor de consumo se calcula a través de la siguiente ecuación, donde V es la velocidad media en km/h:

$$\text{Factor de consumo gasolina} = (a + c \times V + e \times V^2) / (1 + b \times V + d \times V^2)$$

Ecuación 4

En nuestro ejemplo para un turismo gasolina compatible con la norma de emisiones Euro 4, 1.6 litros de cilindrada, que todo el recorrido que realiza es de carácter urbano y a una velocidad media de 40 km/h, le corresponden los siguientes coeficientes, con base en la correspondiente tabla incluida en la Guía EMEP/CORINAIR (disponible en anexo digital):

$$a = 1.74E02; b = 6.85E-02; c = 3.64E-01; d = -2.47E-04; e = 8.74E-03$$

Aplicando estos valores de los coeficientes y la velocidad de 40 km/h el resultado es:

$$\text{Factor de consumo} = (1.74E02 + 3.64E-01 \times 40 + 8.74E-03 \times 40^2) / (1 + 6.85E-02 \times 40 - 2.47E-04 \times 40^2) = 61.3 \text{ g gasolina /km}$$

La información de base requerida es el tipo de vehículo, su combustible, su normativa Euro (o compatible) de emisiones, su cilindrada, el tipo de recorrido (en ese caso urbano) y la velocidad media del mismo.

CÁLCULO DE FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂

Basta con sustituir el factor de consumo calculado en la (Ecuación 3). El resultado, en este caso para cada factor calculado según los tres niveles, es el siguiente:

Considerando el factor de consumo calculado en el nivel 1:

$$E_{\frac{CO_2}{km}} = 44.011 \times \frac{70}{12.011 + 1.008 \times 1.8 + 16.000 \times 0.0} = 222.83 \text{ g } CO_2 / km$$

Considerando el factor de consumo calculado en el nivel 2:

$$E_{\frac{CO_2}{km}} = 44.011 \times \frac{66}{12.011 + 1.008 \times 1.8 + 16.000 \times 0.0} = 210.25 \text{ g } CO_2 / km$$

Considerando el factor de consumo calculado en el nivel 3:

$$E_{\frac{CO_2}{km}} = 44.011 \times \frac{61.3}{12.011 + 1.008 \times 1.8 + 16.000 \times 0.0} = 195.14 \text{ g } CO_2 / km$$

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO₂

Finalmente se multiplica el factor de emisión del CO₂ por los km recorridos:

Considerando el factor de emisión derivado del nivel 1:

$$\text{Emisiones totales } CO_2 = 222.83 \text{ g } CO_2 / km \times 50 \text{ km} = 11.14 \text{ kg } CO_2$$

Considerando el factor de emisión derivado del nivel 2:

$$\text{Emisiones totales } CO_2 = 210.25 \text{ g } CO_2 / km \times 50 \text{ km} = 10.51 \text{ kg } CO_2$$

Considerando el factor de emisión derivado del nivel 3:

$$\text{Emisiones totales } CO_2 = 195.14 \text{ g } CO_2 / km \times 50 \text{ km} = 9.76 \text{ kg } CO_2$$

PROCEDIMIENTO MÁS EXACTO

Dado que el cálculo del factor de emisión del CO₂ depende, según la (Ecuación 3) del tipo de combustible y del factor de consumo, el procedimiento más exacto posible vendría dado del conocimiento del consumo real del vehículo.

Si en nuestro ejemplo el consumo de combustible fuera de 7.5 litros a los 100 km, entonces para calcular el factor de consumo en g combustible/km se operaría de la siguiente manera:

Primero se calcularía el consumo por km, dividiendo el consumo conocido entre 100:

$$\text{Consumo} / km = 7.5 \text{ litros} / 100 \text{ km} = 0.075 \text{ litros por km}$$

Para pasar a kg en lugar de litros se multiplica por la densidad, en este caso de la gasolina (0.79 kg/litros):

$$\text{Consumo / km (factor de consumo)} = 0.075 \text{ litros} \times 0.79 \text{ kg por litro} = 0.05925 \text{ kg / km} = 59.25 \text{ g/km}$$

A continuación se aplica la Ecuación 3 para calcular el factor de emisión de CO₂:

$$E_{\frac{CO_2}{km}} = 44.011 \times \frac{59.25}{12.011 + 1.008 \times 1.8 + 16.000 \times 0.0} = 188.77 \text{ g CO}_2 / \text{km}$$

Finalmente se calculan las emisiones de CO₂ multiplicando por los km:

$$\text{Emisiones totales CO}_2 = 188.77 \text{ g CO}_2/\text{km} \times 50 \text{ km} = 9.44 \text{ kg CO}_2$$

La siguiente tabla muestra un resumen de todos estos resultados:

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	MÉTODO MÁS EXACTO
Factor de consumo de combustible	70 g gasolina/km	66 g gasolina/km	61.3 g gasolina/km	59.25 g gasolina/km (factor de consumo real)
Factor de emisión de CO ₂	222.83 g CO ₂ /km	210.25 g CO ₂ /km	195.14 g CO ₂ /km	188.77 g CO ₂ /km
Emisiones totales de CO ₂	11.14 kg CO ₂	10.51 kg CO ₂	9.76 kg CO ₂	9.44 kg CO ₂

Tabla 9 - Resumen de resultados del ejemplo mostrado

Con base a la tabla anterior se extraen las siguientes ideas finales:

- » Para cuantificar las emisiones de CO₂ es necesario conocer el factor de consumo del vehículo/s. Para calcular dicho factor, lo ideal es conocer el consumo real de combustible del vehículo/s, pues la metodología ofrece el resultado más exacto posible en esa situación.
- » Si no hay posibilidad de obtener dicho consumo real, la metodología permite estimarlo según tres niveles, que aumentan el grado de exactitud del resultado a mayor información de base requerida, tal y como puede verse en la tabla anterior.
- » Para el resto de GEI y para todos los contaminantes primarios o de efecto local, los cálculos de sus factores de emisión ya no dependen del factor de consumo, sino que se calculan directamente a través de tablas (similares a las del factor de consumo en el ejemplo anterior, y que se incluyen en el anexo digital) con base en el nivel escogido, donde de nuevo la exactitud de los resultados será creciente con el nivel tomado.

Aunque el ejemplo anterior se ha realizado para un solo vehículo, se pueden hacer cálculos de emisiones a una escala mayor (por ejemplo un municipio completo), sustentado en información de base que suele estar disponible por parte de las autoridades de transporte y gobiernos locales, o que en todo caso es calculable por parte de los mismos:

- » **Composición del parque móvil de vehículos:** distribución por porcentajes de los diversos tipos de vehículos (que se incluyen en el anexo digital) que están inscritos en el municipio, pudiendo descender incluso al nivel de cilindrada, al ser información conocida.
- » **Nº total de viajes diarios** (ejemplo de horizonte temporal día) que se realizan en el municipio, que es calculable a partir de encuestas origen/destino, donde es posible conocer la distribución de viajes por modo de transporte, por zonas de la ciudad, por hora del día, etc.

Ejemplo de Municipio

Por ejemplo, si un municipio de 1.000 vehículos registrados tuviera una composición de parque de vehículos promedio de combustible gasolina, Euro 4 (o compatible) y 1600 cc de cilindrada (datos extraídos del parque de automotores registrado en el municipio); y de una encuesta origen/destino realizada a la población se extrae que cada día se realizan 500 viajes con una longitud promedio de 8 km y una duración promedio de 12 min, entonces, siguiendo el ejemplo anterior, las emisiones totales diarias de CO₂ del municipio se calcularán de la siguiente manera:

1. **Cálculo del factor de emisión de CO₂:** en este caso el cálculo es análogo al ejemplo anterior. Dado que se tienen datos donde por término medio el parque automotor está compuesto por vehículos de norma compatible con Euro 4 y 1600 cc de cilindrada, y la velocidad promedio del tráfico vehicular es 40 km/h (que resulta de dividir los 8 km recorridos entre los 12 min de duración y multiplicar por 60 para tener la velocidad en km/h: $(8/12)*60 = 40$ km/h), el resultado, aplicando el nivel 3 para el cálculo del factor de consumo, es entonces 195.14 g/km CO₂.
2. **Cálculo de los km totales recorridos en el municipio durante un día:** si por término medio un vehículo recorre 8 km diarios, y se tienen 500 viajes, en total se recorren $8*500= 4000$ km al día.
3. **Cálculo de las emisiones totales de CO₂:** se multiplica el factor de emisión por el total de km recorridos. El resultado es $195.14*4000= 780.56$ kg CO₂.
4. **Este proceso se repetiría para cada contaminante** hasta tener el inventario ambiental completo para el municipio analizado.

En función de los datos extraídos de las encuestas origen/destino será posible poder ascender a mayores niveles de agregación: por ejemplo distinguiendo días laborables de días festivos, o viajes por desplazamientos a centros de trabajo/estudio respecto a viajes por otros motivos (ocio, compras...), para de ese modo llegar a emisiones anuales, y no solo para un contaminante, sino para todos los GEI y contaminantes de efecto local.

Por esta razón, es muy importante dedicar esfuerzos importantes a la consolidación de un observatorio de movilidad urbana con recursos técnicos, humanos y financieros que le permitan a cada entidad territorial contar con información y elementos de juicio suficientes para tomar decisiones de política e ingeniería para mejorar la eficiencia general de los sistemas de movilidad urbana.

2.2 Medidas de Mitigación para Sistemas de Transporte Urbano

El apartado anterior de este capítulo 2 de la guía ha permitido dar a conocer una primera visión de los principales métodos existentes para cuantificar los impactos ambientales generados por el transporte urbano. De este modo es posible conocer cuánto se está emitiendo, tanto de las emisiones de GEI, principales detonantes del cambio climático, como de contaminantes primarios, perjudiciales para la salud de las personas; e incluso cuánto se seguirá emitiendo, con base en las tendencias futuras consideradas y predicciones existentes.



Fig. 17 - Terminal de autobuses en Manizales. Fuente: ISOIN

En esta sesión se describen las acciones y medidas de mitigación que pueden ser implementadas por los gobiernos locales y autoridades de transporte para luchar contra el cambio climático y, como co-beneficio, reducir la polución del aire y los problemas de salud de la población que habita en las zonas urbanas.

La CEPAL (Comisión Económica para América Latina) en su publicación “Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe (Edición N° 289, número 9 de 2010)” en su artículo “Convergencia y divergencia en las políticas de transporte y movilidad en América Latina: ausencia de co-modalismo urbano” establece que “...la disponibilidad de una adecuada infraestructura y servicios de transportes urbanos que permitan trasladar de manera digna, oportuna, confiable, eficiente y sostenible a personas y bienes, constituye una necesidad básica de la población y un requisito central del desarrollo económico”. Las principales ciudades del país, en busca de proveer dicha infraestructura y servicios, han tomado decisiones importantes en materia de diseño, planeación y en relación a sus sistemas de transporte. Sin embargo, estas decisiones en general han tratado de abarcar simultáneamente dos fenómenos concurrentes en el tiempo y en el espacio:

(1) la ampliación de la capacidad para el tránsito de automóviles particulares al mismo tiempo que (2) la extensión, ampliación o mejora de los sistemas de transporte masivo. Si bien ambas iniciativas son loables y representan importantes inversiones, la falta de una visión clara y consensuada, de largo plazo, integrada y sostenible ha provocado que en la práctica **ambas alternativas se entorpezcan mutuamente y terminen agravando el problema que pretendían solucionar.**

Este fenómeno es conceptualizado como de convergencia y divergencia de las políticas, y refleja la falta de integralidad de las políticas públicas de movilidad urbana, donde la ausencia de una acción coordinada y coherente en el tiempo genera complejos dilemas a las autoridades en el proceso de asignación de prioridades a las inversiones en infraestructura de movilidad urbana, impiden la articulación de las distintas iniciativas existentes —tanto públicas como privadas— y afectan significativamente el desarrollo sostenible”.

Es por ello que las autoridades locales tienen una importancia capital en la manera de enfocar y planificar sus sistemas de movilidad, aspecto clave en los impactos energéticos y ambientales por ellas generados y por tanto en la lucha contra el cambio climático a través de acciones de mitigación. Para lo cual es fundamental dejar a un lado el enfoque tradicional de provisión de espacio vial adicional por medio de infraestructura vial nueva y mayor oferta¹⁷, que se considera ya obsoleto, y adoptar un enfoque alternativo inspirado en los principios de la sostenibilidad, y que a diferencia del anterior se centra en actuar sobre la demanda de movilidad. Se trata del enfoque conocido como **A-S-I** (*de Evitar/Reducir, «Avoid/Reduce»; Cambiar/Mantener, «Shift/Maintain»; Mejorar, «Improve»*), que busca promover soluciones alternativas de movilidad y desarrollar sistemas de transporte sostenibles, y con ello obtener reducciones significativas de emisiones GEI, consumo reducido de energía, menor congestión, todo ello con el objetivo final de crear ciudades más habitables.

Es fundamental dejar atrás el enfoque tradicional de gestión de la movilidad basado en el aumento de las infraestructuras de transporte y adoptar la nueva estrategia “Evitar-Cambiar-Mejorar” basada en criterios de sostenibilidad y resiliencia.



17 - Este enfoque orientado a la oferta no ha producido los beneficios esperados. Se ha comprobado en ciudades de todo el mundo que crea tráfico inducido y las rutas continúan exhibiendo niveles inaceptables de congestión, emisiones GEI y otras externalidades. Fuente: Transporte Urbano Sostenible: Evitar - Cambiar - Mejorar (A-S-I), SUTP, GIZ

En primer lugar, «evitar» se refiere a la necesidad de mejorar la eficiencia del sistema de transporte. A través de la planificación integrada del uso del suelo y la gestión de la demanda de transporte se puede reducir la necesidad de viajar y el largo de los viajes.

En segundo lugar, los instrumentos «cambiar» buscan mejorar la eficiencia de los viajes. Un cambio modal del modo de transporte urbano que consume más energía hacia modos más respetuosos con el medio ambiente es altamente deseable.

En tercer lugar, el componente «mejorar» se centra en la eficiencia de vehículos y combustibles, así como en la optimización de la infraestructura del transporte. Busca mejorar la eficiencia energética de los modos de transporte y tecnología vehicular relacionada.



Fig. 18 - Esquema general del enfoque ASI. Fuente: Elaboración propia con base en Transporte Urbano Sostenible: Evitar - Cambiar - Mejorar (A-S-I), SUTP, GIZ

En el marco de la implementación de este enfoque ASI, y para obtener la máxima eficacia y los mejores beneficios, es fundamental definir una estrategia integral de movilidad urbana que **combine incentivos** ("hale", o del inglés "pull"), asociados a fomentar el empleo de medios de transporte colectivo y modos no motorizados, **con acciones que contribuyan a reducir el uso del vehículo privado de baja ocupación** ("empuje", o del inglés "push").

Cuando sólo se aplican incentivos "hale", como las inversiones para mejorar las condiciones para viajes a pie y en bicicleta y para mejorar la calidad del servicio de transporte público, se puede lograr poco cambio modal. Las inversiones en modos alternativos pueden no servir si el conducir sigue siendo una opción barata y eficiente en términos de tiempo. Del mismo modo, cuando sólo se implementan incentivos "empuje", como tarifas por conducir y peajes, los conductores podrían sentirse frustrados y reaccionar

en contra de los responsables de dicha política, sobre todo si no se ofrecen en contrapartida alternativas competitivas para desplazarse. Es injusto y poco práctico desalentar a los conductores sin ofrecer alternativas prácticas. Por estas razones, los incentivos "empuje" y "hale" deben ser balanceados.

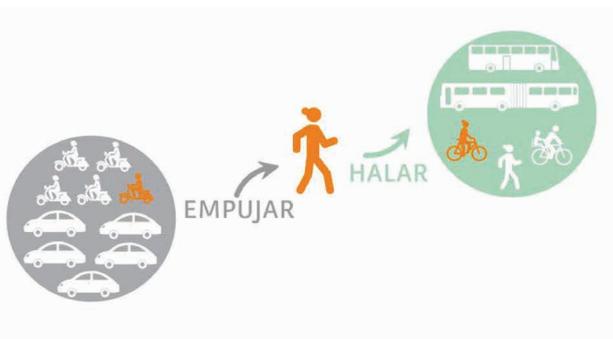


Fig. 19 - Esquema general empujar - halar para definir acciones de mitigación del cambio climático en el transporte urbano. Fuente: Ministerio de Transporte

Mejorando las opciones de movilidad (Factores “hale”)

Hay muchas formas de mejorar las opciones de movilidad, incluyendo el aumento de cuándo y dónde los modos están disponibles, mejorando la información al usuario, y aumentando la asequibilidad. Mejorar las conexiones entre estos modos también mejora las opciones de movilidad, por ejemplo, facilitando el almacenamiento de bicicletas en las estaciones de transporte público, o haciendo que las tiendas puedan ofrecer servicios de entrega a los clientes que llegan a pie o en transporte público. Otras medidas de apoyo que mejoran las opciones de movilidad incluyen aumentar la seguridad del usuario, mejorar su condición social y crear comunidades que ofrecen un mejor acceso por modos alternativos.

Restricción del uso del automóvil (Factores “empuje”)

Como un equivalente a las anteriores "factores hale", la restricción del uso de los automóviles es la medida de factor “empuje” más representativa. Si se pretende conseguir un trasvase de usuarios desde el vehículo privado hacia el transporte público y/o los modos no motorizados, la opción principal es disuadir a los usuarios de turismos y motocicletas de su empleo masivo, para lo cual se pueden implantar tanto medidas de regulación (días sin carro, restricciones pico y placa, nuevos impuestos a la tenencia de vehículos...) como medidas de tarificación (pago por circular por ciertas zonas del municipio o peajes urbanos, pagos por estacionamiento).

Balance factores “hale” y “empuje”

Tan importante como conocer el enfoque y el tipo de estrategia vinculada a cada uno de estos factores, es saber la importancia de no establecer un enfoque único dirigido a uno u otro factor, sino de combinarlos y aplicarlos de manera simultánea para conseguir un verdadero cambio modal que reduzca el uso masivo actual y previsto del vehículo privado de baja ocupación y contribuya con ello a mitigar los efectos del cambio climático. Lo contrario conduciría a, en la línea de lo indicado con anterioridad, a generar reacciones contra los responsables locales por parte de conductores o a crear cambios modales ineficientes (por ejemplo del transporte público a la bicicleta).



Fig. 20 - Calle céntrica peatonal en la ciudad de Manizales. Fuente: ISOIN

Este enfoque es igualmente aplicable a la distribución urbana de mercancías. No en vano buena parte de las emisiones de GEI de sistemas de movilidad urbana provienen del transporte de carga, por lo que este enfoque recomienda halar hacia los modos y prácticas logísticas más eficientes y empujar la carga fuera de medios, modos y modalidades ineficientes. En este sentido la gestión de

infraestructura de carga (incluyendo áreas de parqueo y cargue), el diseño y establecimiento de estándares de emisiones, los peajes urbanos para camiones, y las restricciones sobre horarios de acceso imponen límites en el tiempo en el cual la actividad de carga puede realizarse, son ejemplos de soluciones que se alinean con el marco conceptual ASI y la estrategia empuje & hale.

2.2.1. Plan de Acción Sectorial de Mitigación (PAS)

A escala nacional de planeación, el documento de referencia en el ámbito del sector Transporte desde el punto de vista de la mitigación y la lucha contra el cambio climático es el Plan de Acción Sectorial de Mitigación (PAS) desde la perspectiva del sector transporte. Tomando como fuente el propio documento PAS 2015 para el sector transporte, este documento deriva de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), instancia que desde el año 2011 coordina y articula esfuerzos intersectoriales orientados a desligar el crecimiento económico del país de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Con base en ello el PAS contiene un conjunto de políticas, programas y acciones que de ser ejecutadas impulsarían el desarrollo del sector, el cumplimiento de sus objetivos, y contribuirían a reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Constituye por tanto una oportunidad para que las acciones de mitigación en materia de transporte identificadas contribuyan a lograr los objetivos de desarrollo del sector además de generar co-beneficios económicos, sociales y ambientales.

Las medidas contenidas en el PAS 2015 se definieron a partir del desarrollo de diversos talleres donde se contó con la participación de expertos sectoriales, se identificaron y se propusieron una serie de medidas de mitigación al cambio climático en el sector transporte, sobre las cuales se calculó el potencial de reducción de emisiones de GEI y sus costos de implementación. A su vez el Ministerio de Transporte propuso variantes a dichas medidas procurando por una mayor precisión, dando como resultado un total de 24 programas de mitigación enmarcados en 5 líneas estratégicas, tal y como se presenta en la siguiente tabla:

LÍNEA ESTRATÉGICA	POLÍTICAS	PROGRAMAS / ACCIONES
Sostenibilidad de Transporte público de pasajeros	Política Nacional de Transporte Público	Infraestructura para mejorar la intermodalidad y la accesibilidad a SITMs y SETPs
		Articulación entre proyectos de vivienda, desarrollo urbano y transporte
		Diversificación de servicios de transporte público de pasajeros
	Diversificación modal para viajes intermunicipales y regionales	Aviación nacional eficiente
		Mejoramiento logístico y operativo de transporte carretero intermunicipal
		Rehabilitación de corredores férreos y fluviales
	Eficiencia energética y energías limpias para transporte público de pasajeros	Diversificación de la canasta energética (combustibles)
		Modernización del parque automotor
		Promoción de soluciones eléctricas para transporte masivo y colectivo

Fortalecimiento de cadenas logísticas urbanas	Complemento Política Nacional Logística de Transporte de Carga	Optimizar cadenas logísticas al interior de las ciudades (horarios, centros de despacho)
Fortalecimiento del plan estratégico intermodal de infraestructura de transporte de carga	Plan Estratégico Intermodal de infraestructura de transporte de carga	Plan Maestro Fluvial para Colombia
		Promoción del transporte férreo
	Modernización de la flota	Programa de Desintegración Vehicular de Carga
		GEF en Transporte de Carga
Gestión de demanda de transporte	Gestión de Demanda	Implementación de Eco-Zonas
		Planes empresariales de Movilidad Sostenible
		Peajes urbanos en ciudades de más de 300 mil habitantes
		Sistemas Inteligentes de Transporte
Promoción de modos no motorizados, energías vehiculares limpias y eficiencia energética	Transporte no motorizado	Programa Nacional de Transporte Activo
		Infraestructura para la intermodalidad
	Eficiencia energética y energías limpias para vehículos livianos	Programa de eficiencia energética para vehículos
		Diversificación energética para automóviles
		Modernización de vehículos

Tabla 10 - Líneas estratégicas, políticas y programas priorizados en el PAS 2015 para el Sector Transporte. Fuente: Ministerio de Transporte

Los programas del PAS requieren traducirse en acciones concretas de mitigación aplicadas al nivel local. Por eso, el listado de medidas de la tabla 10 es un punto de partida que se irá ajustando paulatinamente de acuerdo con la capacidad de las entidades territoriales para desarrollar las acciones que más se ajusten a sus realidades y necesidades.

Por otro lado, en el estudio Productos Analíticos Para Apoyar La Toma De Decisiones Sobre Acciones De Mitigación A Nivel Sectorial, preparado por la Universidad de los Andes para el PNUD y el MADS (Uniandes 2014), se presenta la curva de costos de abatimiento para el sector construida a partir de un listado de 19 medidas analizadas y priorizadas de acuerdo con grupos de expertos y la evaluación de información de proyecciones disponible.

El potencial de mitigación para el periodo 2010-2040 es de 290 millones de toneladas de CO₂-eq. Esto representa el 22% de las emisiones totales del escenario de referencia. La aplicación de estas medidas lleva también a una disminución en el consumo de energía de más de 3.5 millones de TJ entre el 2010 y el 2040. Esta reducción es casi 10 veces el consumo que tuvo todo el subsector carretero en el año 2010. El potencial de las medidas con costo negativo representa el 60% del potencial total del sector (Uniandes, 2014).

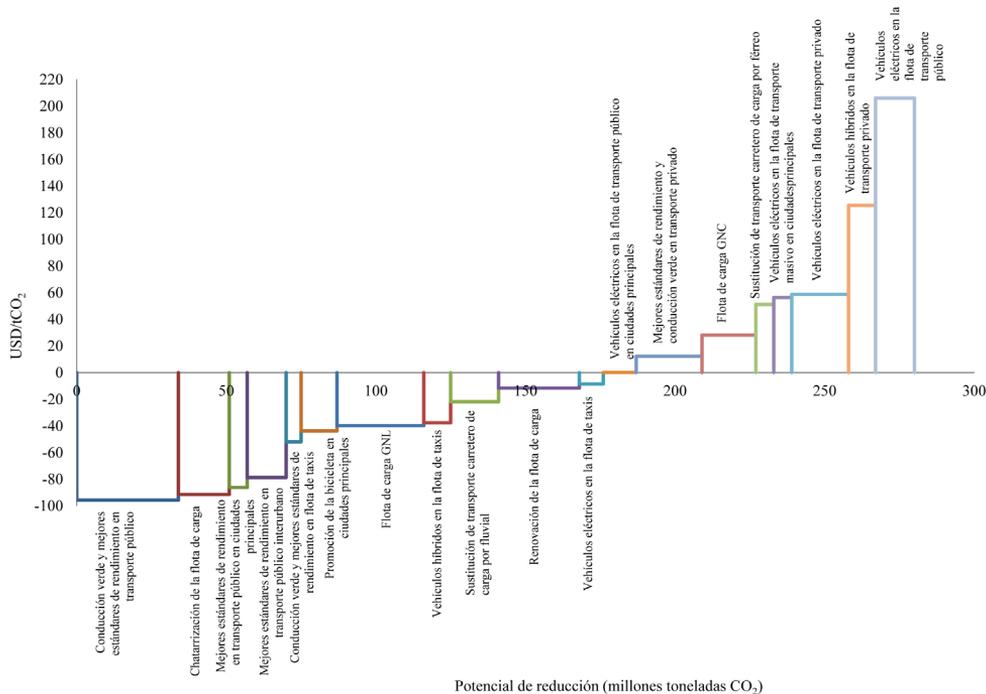


Fig. 21 - Curva de costo efectividad de cada una de las 19 medidas priorizadas del PAS 2015 para el Sector Transporte. Fuente: Uniandes 2014

2.2.2. Priorización Local de Medidas: Mitigar desde los Contextos Locales

Una vez visto el marco de actuación definido desde la escala nacional, se definen a continuación una serie de actuaciones concretas en material de transporte, que son planificables y ejecutables desde el ámbito local, y donde cada gobernación tiene la competencia y la responsabilidad para definirla con base en las características propias de su municipio y de sus redes de transporte. Cada municipio ha de desarrollar las medidas que mejor se adapten a sus circunstancias y características. En este contexto es fundamental considerar las **estrategias ganar-ganar (win-win)**, es decir estrategias que arrojen una doble mejora: que reduzcan los problemas de movilidad, evitando además los efectos nocivos ambientales, buscando de esta manera el objetivo de movilidad sostenible. Así, en una planificación integral habrá que tener en cuenta objetivos económicos, sociales y ambientales para definir soluciones sin efectos negativos (soluciones ganar-ganar).

Por ejemplo, la mejora o ampliación de una carretera puede reducir la congestión y mejorar el tiempo de viaje, pero el aumento de velocidades que esto conlleva, además de aumentar el riesgo de accidentes, incrementa los problemas de contaminación y ruido, es perjudicial desde el punto de vista de la eficiencia energética y potencia la expansión urbana y con ello la necesidad y extensión de viajes motorizados



En muchas ocasiones es conveniente comenzar a definir actuaciones de bajo coste y de tipo temporal: **acciones piloto**. Constituyen un punto de partida para comenzar a impulsar los cambios modales, si bien es importante poder medir los efectos que genera su puesta en marcha. Por ejemplo, si se pretende abordar la peatonalización de una calle céntrica comercial de una ciudad, es conveniente realizar algún piloto previo que permita contrastar las previsiones y medir los impactos, tanto positivos (reducción de la contaminación y del ruido, mejora de la habitabilidad, mejor reparto del espacio público...) como negativos (reacción negativa de los comerciantes, trancones en zonas aledañas, ausencia de alternativas al carro...).

Una vez confirmado los beneficios de los cambios propuestos, el siguiente paso será la incorporación de los diseños permanentes de dichas intervenciones. Estos dos pasos son muy importantes al momento de generar este tipo de intervenciones.

Las intervenciones temporales, en una primera instancia, permitirán al proyecto entrar en una fase de monitoreo y evaluación para entender cómo cambian los patrones de movimiento en una zona y cuáles deben ser los ajustes a los diseños iniciales propuestos con referencia a los objetivos propuestos para dicha intervención



A continuación se define una batería adicional de actuaciones enmarcadas en las líneas estratégicas del PAS 2015 que las autoridades locales pueden poner en marcha desde el ámbito municipal en materia de transporte urbano para mitigar el cambio climático y aumentar la calidad del aire en los pueblos y ciudades colombianos.

SOSTENIBILIDAD DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS

Implantación en la red viaria principal urbana de carriles BUS	Sistema de gestión de mantenimiento que asegure un adecuado mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y el servicio de transporte público	Incorporación de equipamientos adecuados en las paradas: marquesinas, bancos y espacio propio protegido para la detención del vehículo
Reestructuración y optimización del transporte público colectivo maximizando la cobertura a la población y la conectividad entre zonas	Compatibilizar el transporte escolar con el transporte público aprovechando diferentes usos según la franja horaria	Implantación de servicios de transporte público colectivo bajo demanda, tanto a nivel de paradas como de líneas completas
Creación de nuevos trazados de trenes/tranvías/metro ligero para mejorar la conectividad entre los grandes centros atractores desde las principales zonas residenciales de la ciudad	Creación de líneas fluviales de transporte público en ciudades rivereñas	Unificación de los títulos de viaje para facilitar el acceso y los trasbordos entre distintos modos de transporte colectivo
Regulación de intersecciones minimizando los tiempos de espera para vehículos de transporte público colectivo	Regulación integral del transporte urbano municipal unificada para todos los modos de transporte colectivo	Definir áreas de Estacionamiento en Planes de Ordenamiento Territorial para vehículos de servicio público de pasajeros

<p>Tarifas diferenciales para servicio público versus privado</p>	<p>Creación de servicios de buses-lanzaderas que conecten directamente los principales intercambiadores con los grandes centros atractores urbanos</p>	<p>Inclusión en licitaciones de concesiones de servicios de flotas urbanas de criterios de eficiencia energética que fomenten el empleo de vehículos de nuevas tecnologías limpias de propulsión</p>
---	--	--

Tabla 11 - Batería de medidas de mitigación en el marco de la línea estratégica de Sostenibilidad de transporte público de pasajeros. Fuente: ISOIN



Fig. 22 - Estación de teleférico en la ciudad de Medellín. Fuente: ISOIN

PROMOCIÓN DE MODOS NO MOTORIZADOS, ENERGÍAS VEHICULARES LIMPIAS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Renovación de la flota de vehículos incorporando nuevas tecnologías más limpias de propulsión: vehículos eléctricos, híbridos y GNV

Renovación de taxis incorporando nuevas tecnologías más limpias de propulsión: vehículos eléctricos, híbridos, biocombustibles y gas

Construcción de infraestructuras exclusivas para el tránsito ciclista, configurando una red de rutas de carriles bici seguros, accesibles, conectados, atractivos, continuos y confortables

Implantación de parqueaderos para bicicletas a lo largo de la red ciclista y en general a lo largo de la red viaria de la ciudad

Implantación de parqueaderos de bicicletas en intercambiadores intermodales y centros atractores urbanos (zonas comerciales, parques industriales y grandes centros de trabajo, centros educativos, equipamientos deportivos)

Implantación de servicios de préstamo de bicicletas públicas

Regular el tránsito ciclista en todo el ámbito municipal, tanto para la red ciclista exclusiva como para la red vial general

Instalación de vestuarios y duchas en edificios públicos y grandes centros de trabajo y parques industriales y comerciales

Facilitar el intercambio modal autobús-bicicleta en viajes metropolitanos mediante unificación del título de viaje

Incorporación de sistemas de carga de bicicletas en los autobuses	Reglamentar y formalizar la práctica del bicitaxismo	Peatonalización de zonas céntricas de la ciudad
Peatonalización de cascos históricos de la ciudad	Peatonalización de zonas comerciales de la ciudad	Creación de rutas peatonales seguras, accesibles, conectadas, atractivas, continuas y confortables
Impulso de áreas estanciales y de fomento de la cohesión social	Rebaje de bordillos en aceras junto a pasos de cebra y esquinas	Supresión de barreras arquitectónicas
Aumento de la amplitud de las aceras	Creación de un plan de señalización peatonal a escala urbana	Creación de nuevos intercambiadores que faciliten el cambio modal, reduciendo los tiempos de espera del usuario
Regulación integral de horarios de todos los servicios de transporte colectivo para fomentar los trasbordos en las horas pico	Creación de consorcios de transporte que agilicen la regulación y el funcionamiento de todas las formas de transporte público colectivo en ciudades y áreas metropolitanas	Unificación de los títulos de viaje de transporte público con tarifas de parking disuasorios
Creación de zonas libres de carros o zonas/distritos ambientales	Promoción del uso de vehículos de gas, híbridos y eléctricos	Sustitución de plazas de estacionamiento por puntos de recarga para vehículos eléctricos
Supresión de plazas de estacionamiento para introducir carriles bici y/o aceras más amplias	Impulso de estudios y auditorías energéticas de flotas municipales (transporte público, recogida de residuos urbanos) y privadas (transporte de carga)	Diseño e integración de un plan de integración de la movilidad eléctrica en entornos urbanos: dimensionamiento de puntos de recarga, servicios complementarios, ordenanzas.
Fijar estímulos tributarios para vehículos híbridos electricidad y diesel en paralelo	Definir áreas en POT para construcción de puntos de cargue de electricidad para vehículos híbridos	

Tabla 12 - Batería de medidas de mitigación en el marco de la línea estratégica de Promoción de modos no motorizados, energías vehiculares limpias y eficiencia energética. Fuente: ISOIN



Fig. 23 - Parquedero para bicicletas. Fuente: ISOIN

FORTALECIMIENTO DEL PLAN ESTRATÉGICO INTERMODAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DE CARGA Y FORTALECIMIENTO DE CADENAS LOGÍSTICAS URBANAS

Regulación eficiente de las zonas de cargue/descargue urbanas: ubicación, horarios y accesibilidad, tanto de zonas existentes como futuras	Impulso del empleo de vehículos eficientes para realizar el transporte urbano de mercancías	Implantación de centros logísticos en la periferia de las ciudades, como punto de partida del reparto capilar urbano a través del empleo de vehículos limpios
Desarrollar programas de capacitación orientado a conductores de transporte urbano de carga para impulsar mejores prácticas de conducción	Fomento del desempeño del transporte urbano de carga en horarios valle diurnos	Adecuar los puertos fluviales para que puedan funcionar como centros de transferencia intermodal
Creación del Factor de Calidad Ambiental para empresas de transporte urbano de carga, acciones en banco de emisiones Veneta	Implementar un Sistema de Control de Huella de Carbono (ISO 14064, GhG Protocol, MC3) para la flota vehicular propia, como administrada	Desarrollo de políticas de aproximación de zonas industriales y grandes centros logísticos a las zonas portuarias marítimas y fluviales
Implantación de sistemas de reserva telemática de zonas de cargue/ descargue	Creación de rutas preferentes de transporte capilar de mercancías para reducir los impactos generados en el resto de usuarios de la red viaria urbana	

Tabla 13 - Batería de medidas de mitigación en el marco de las líneas estratégicas de Fortalecimiento del Plan Estratégico Intermodal de Infraestructura de Transporte de Carga y Fortalecimiento de cadenas logísticas urbanas. Fuente: ISOIN

GESTIÓN DE DEMANDA DE TRANSPORTE

Implantación de sistemas ITS para la optimización de servicios de transporte público	Imposición de una tasa por congestión/ contaminación en ciudades de más de 300.000 hab	Limitación del acceso en vehículo motorizado privado a zonas céntricas y cascos históricos
Impulso de jornadas de sensibilización con restricciones parciales o totales del uso del vehículo motorizado privado	Reestructuración en el valor de los impuestos y otras obligaciones fiscales de acuerdo al nivel de las emisiones contaminantes del vehículo	Implantación de peajes electrónicos en las ciudades
Creación de carriles VAO (vehículos de alta ocupación) para el uso por parte de vehículos compartidos (carpooling, carsharing) junto con autobuses y taxis	Imposición de una tasa variable por estacionar en zonas con marcado carácter atractor de vehículos y en función de la franja horaria	Regulación de un uso compartido de plazas de estacionamiento, en función de la zona y la franja horaria
Sustitución de plazas en batería por plazas en cordón para limitar la disponibilidad de plazas de estacionamiento en zonas con elevado tráfico de agitación y alternativas de accesibilidad mediante otros modos de transporte	Creación de bolsas de aparcamiento disuasorio Park & Ride en la periferia de zonas comerciales y céntricas para reducir la presión del vehículo privado en ellas facilitando el intercambio modal (autobús, bicicleta)	Planes maestros de parqueaderos en el fomento de la intermodalidad

Reserva de plazas de estacionamiento para usuarios de coches compartidos	Implantación de sistemas para el monitoreo de ocupación de plazas de estacionamiento, integrados con planificadores de rutas	Implantación de un sistema centralizado de control del tráfico y la movilidad urbana
Fomento del uso del coche compartido para desplazamientos habituales, especialmente en el caso de trabajadores de grandes centros de trabajo, mediante la creación de plataformas telemáticas	Diseño e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) como marco integral de gestión de la movilidad urbana	Implantación de PEMS (planes de movilidad empresariales) para mejora de las pautas de movilidad a los centros de trabajo públicos y privados

Impulso del teletrabajo en centros de trabajo públicos y privados

Tabla 14 - Batería de medidas de mitigación en el marco de la línea estratégica de Gestión de la demanda de transporte. Fuente: ISOIN



Fig. 24 - Ejemplo de infraestructura intermodal de la ciudad de Sevilla (España): metro ligero, parqueadero y acceso peatonal y ciclista. Fuente: ISOIN

Asimismo se presenta un pequeño bloque de medidas de mitigación adicionales relacionadas con el planeamiento y el desarrollo urbano, que condiciona claramente las pautas de movilidad de la población, y en las cuales las autoridades locales tienen una gran responsabilidad. En este sentido la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial y su concatenación con los Planes de Movilidad y los Planes de Desarrollo Municipal es fundamental para evitar un agravamiento en los patrones de consumos de combustibles para moverse dentro de las ciudades:

PLANEAMIENTO URBANÍSTICO POT		
Diseño y definición de nuevos desarrollos basados en modelos de ciudad compacta que permitan reducir el volumen de viajes en vehículo motorizado privado así como las distancias en ellos recorridas	Impulso de un planeamiento menos orientado al uso del vehículo motorizado privado, con aprovechamiento de corredores de transporte público ya existentes y reduciendo la capacidad de plazas de estacionamiento	Compatibilidad de los nuevos desarrollos con modos alternativos al vehículo privado, en especial el transporte público, a través del uso mixto del suelo en torno a estaciones, intercambiadores y corredores

Disuasión del aumento de la tenencia de automóviles por familia mediante tasas o incentivos fiscales

Priorización de rutas metropolitanas para el tránsito exclusivo de autobuses y coches compartidos que reduzcan la presión del vehículo privado de baja ocupación

Creación de planes de desarrollo metropolitanos como herramienta vertebral de crecimiento sostenido y ordenado en las grandes áreas urbanas colombianas

Tabla 15 - Medidas adicionales de mitigación en el ámbito de la planeamiento urbanístico. Fuente: ISOIN



Fig. 25 - Ejemplo de diseño urbano asociado a un proceso de planeación territorial. Fuente: ISOIN

Si bien la aproximación presentada en este capítulo constituye una orientación para lo que puede ser la contribución a la reducción de emisiones del transporte urbano en Colombia, existen algunos retos relacionados con la posibilidad de avanzar en la implementación de las acciones aquí descritas y de otras que permitan cumplir con los objetivos propuestos por el Sector. El impulso que se le pueda dar a estas acciones no solamente tendrá beneficios en cambio climático sino también para la optimización de la operación misma del sector y la forma como éste se relaciona con el desarrollo local de cada municipio y en conjunto de todo el país.

Algunos de los objetivos del transporte urbano le apuntan a generar sistemas de transporte público urbano más eficientes y que puedan ofrecer una mejor calidad a sus usuarios. En este propósito el soporte que desde el gobierno nacional se dé a los entes territoriales es fundamental para fortalecer su capacidad de acción, pero también para demandar (respetando su autonomía) la inclusión de estas acciones en sus agendas¹⁸.

Asimismo, y al igual que sucede con otros sectores a nivel local y nacional, el sector transporte (y su componente urbana) requiere de una visión a largo plazo que incluya la planeación de acciones que correspondan a un objetivo de desarrollo y no a las necesidades de cada periodo de gobierno.

18 - Recomendaciones para la Identificación y Estimación de las Contribuciones Nacionales en el Marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, caso de estudio Sector Transporte, elaborado por la USAID en el marco del Programa Resiliente Bajo en Carbono

Por último, otro desafío importante es lograr dar la dimensión de **transversalidad** que las acciones orientadas a la reducción de GEI requieren. Existen objetivos del transporte urbano que son transversales a otros sectores relacionados con la infraestructura, el desarrollo urbano, la energía y el medio ambiente. Por lo tanto las acciones que lidere el sector orientadas a reducir los GEI también tendrán impacto en el actuar de estas otras áreas estratégicas para el país.

TABLAS EMEP/CORINAIR PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE CO₂

Como se ha indicado con anterioridad, en el anexo digital de la Guía se incluye el documento completo descriptivo de la metodología EMEP/CORINAIR. Es por ello que a modo de ayuda al lector se muestra a continuación, de forma tabulada, la indicación de las tablas que se utilizan en la citada metodología para determinar el factor de consumo de combustible en g/km en función del tipo de vehículo y tipo de combustible, necesario para poder calcular las emisiones de CO₂:

NIVEL METODOLOGÍA	TIPO DE VEHÍCULO	TIPO DE COMBUSTIBLE	TABLA EMEP/CORINAIR
1	Todos	Todos	3-14
2	Todos	Todos	3-26
3	Automóviles	Gasolina	3-41
		Diésel	3-47
		GLP	3-41, 3-51
		GNC	3-41, 3-53
		E85	3-41, 3-56
		Híbridos	3-58
	Comerciales Ligeros	Gasolina	3-41, 3-59
		Diesel	3-47, 3-61
	Camiones	Gasolina	3-63
		Diesel	Anexo 1A3b
	Autobuses	Diesel	Anexo 1A3b
		GNC	3-64
	Ciclomotores	Gasolina	3-65
	Motocicletas	Gasolina	3-67, 3-68

Tabla 16 - Tablas EMEP/CORINAIR de cálculo del factor de consumo de combustible por tipo de vehículo y tipo de combustible, necesario para calcular las emisiones de CO₂



CAPÍTULO 3 Adaptación de Sistemas de
Movilidad Urbana frente al
Cambio Climático

Capítulo 3

Adaptación de Sistemas de Movilidad Urbana frente al Cambio Climático

En el capítulo anterior se mostró cómo inventariar y mitigar emisiones de GEI provenientes de sistemas de movilidad urbana para contribuir al cumplimiento de las metas nacionales de mitigación y de los compromisos internacionales de disminución de emisiones. Sin embargo, tan importante como disminuir emisiones es implementar medidas de adaptación que le brinden resiliencia a las redes de movilidad urbana y les permitan enfrentar preventivamente las variaciones climáticas. Además, de forma complementaria a los acuerdos internacionales de lucha contra el cambio climático, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 que fue aprobado en la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, demuestra que el respaldo político, técnico e institucional para implementar proyectos de adaptación a nivel local es creciente.

Por eso, en este capítulo se ofrecerá una metodología para mapear la vulnerabilidad y el riesgo en las redes y sistemas de movilidad urbana, y con ello definir medidas de adaptación coherentes con las necesidades locales del territorio.

Actualmente los efectos del cambio climático sobre las redes de movilidad son palpables, y Colombia es un buen ejemplo de ello. El fenómeno “La Niña” 2010-2011 ofreció evidencia muy clara sobre los impactos de la variabilidad y el cambio climático en nuestro territorio. Por ejemplo, el estudio “Valoración de Daños y Pérdidas por la Ola Invernal 2010 – 2011 en Colombia”, elaborado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en noviembre de 2011 señala que los daños a consecuencia de dicho fenómeno a mayo de 2011 fueron de \$ 11,2 billones de pesos, más de 3,2 millones de personas fueron afectadas y los sectores más afectados durante la temporada de lluvias fueron vivienda e infraestructura, donde se concentran el 82% de los daños estimados.

En contraste, el fenómeno de “El Niño” que empezó en octubre de 2015 y finalizó en Abril de 2016, ha ocasionado una sequía extraordinaria.

Según cifras de la Presidencia, el impacto de “El Niño” en Colombia se refleja en 260 mil hectáreas agrícolas afectadas, más de 100 mil hectáreas afectadas por incendios forestales y casi 300 municipios con problemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

Estos antecedentes demuestran la necesidad de adaptar nuestras ciudades a escenarios climáticos extremos. No hacerlo podría implicar costos elevados de reparación y mantenimiento de redes de servicios urbanos que se afecten por fenómenos climáticos inesperados. Dichos fenómenos son predecibles, a pesar de la incertidumbre inherente a la meteorología y climatología, y por eso en Colombia el IDEAM ha liderado unos esfuerzos importantes para predecir la evolución de la precipitación y la temperatura en el país.

El Documento “Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 - 2100” que forma parte integral de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, presenta el panorama del comportamiento esperado del cambio climático para las cinco grandes regiones del país, constituyéndose en “una herramienta fundamental para apoyar la toma de decisiones y la planificación de nuestros gobernadores y alcaldes” (IDEAM, 2015). Las proyecciones demuestran que las afectaciones urbanas por eventos climáticos van a ser cada vez más comunes y de mayor impacto si no adelantamos acciones oportunas y ambiciosas para modificar los patrones de desarrollo. Entender la interrelación entre los distintos sectores de gobierno, los sistemas urbanos y los actores sociales, y entre los planes de mitigación y de adaptación es

fundamental para enfrentar el cambio climático. Todos los centros poblados deben disponer de un sistema de movilidad fiable y eficaz que facilite su actividad social, cultural y económica. Es por ello que los impactos generados por el cambio en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos deben cuantificarse en materia de riesgo de ocurrencia y del grado de vulnerabilidad de los sistemas de movilidad urbana. Esto permitirá definir acciones de adaptación que permitan minimizar los impactos del cambio climático.

Con base en lo anterior, y entrando en el propio proceso de capacitación en materia de adaptación, se definen a continuación algunos conceptos básicos de adaptación y gestión del riesgo que deben ser claros para los tomadores de decisiones.

Es aconsejable, además, revisar el listado de definiciones del artículo 4 de la Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres:

- » La **vulnerabilidad** de una población o de un sistema frente al cambio climático hace referencia a la susceptibilidad o predisposición de verse afectada la población o el sistema de forma negativa ante una amenaza¹⁹. La vulnerabilidad se puede estimar en función de la Exposición, la Sensibilidad y la Capacidad de adaptación, siendo las dos primeras directamente proporcionales a la vulnerabilidad y la última inversamente proporcional. La vulnerabilidad de una población o de un sistema puede ser representada cartográficamente a través de un **mapa de vulnerabilidad** utilizando diferentes escalas de colores.
- » La **exposición** (ubicación) se refiere a los elementos expuestos del sistema con respecto a la distribución de las amenazas, que hacen que éstos se vean potencialmente afectados.
- » La **sensibilidad** (intrínseco del sistema a analizar) es el grado en el que un sistema puede afectarse negativa o positivamente por estímulos relacionados con el clima, debido a las características intrínsecas de sus propios elementos.
- » La **resiliencia** es la habilidad de un sistema y sus elementos de modificar sus características o comportamientos con el fin de afrontar y superar los efectos actuales y potenciales del cambio y la variabilidad climáticos, moderando los daños y aprovechando las consecuencias positivas²⁰. En este sentido a mayor exposición o a mayor sensibilidad se tendrá una mayor vulnerabilidad y por el contrario cuanto mayor sea la capacidad de adaptación menor será la vulnerabilidad. Por ejemplo, la vulnerabilidad de un transporte subterráneo de ferrocarril depende de: la exposición a inundaciones (cada 5 años por ejemplo), la sensibilidad a las inundaciones (los retrasos cuando la inundación llega a cierto nivel) y la capacidad de los proveedores del servicio, la municipalidad y la infraestructura a afrontar las inundaciones (con un sistema de bombeo adecuado).

19 - Módulo 2 de formación Riesgo y Adaptación al Cambio Climático, MADS 2015

20 - Sustainability and social resilience in Coastal resource use, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment University of East Anglia and University College London, Neil Adger, 1999

- » El **riesgo** es el resultado de la interacción entre amenazas físicas definidas y un sistema expuesto, teniendo en cuenta las propiedades del sistema en cuanto a su vulnerabilidad ante estas amenazas. Por tanto, se corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a la materialización de las amenazas generadas por eventos hidroclimáticos.
- » La **amenaza** se define como el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas humanas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales, en un área específica dentro de un determinado periodo de tiempo.
- » La **adaptación** se entiende como el proceso de ajuste a los cambios climáticos reales o proyectados hacia el futuro, buscando moderar el daño o aprovechar las oportunidades de beneficio (IPCC, 2012). Por tanto, la adaptación se materializa en **un conjunto de cambios, iniciativas y medidas encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad** tanto en los sistemas naturales (ecosistemas) como en los humanos (viviendas, colegios, empresas, cultivos) ante los efectos que el cambio climático pueda generar. Dicha adaptación implica modificaciones sostenibles y permanentes en el tiempo en respuesta a las nuevas condiciones ambientales que puedan presentarse.

Existen diferentes tipos de adaptación según sean: preventivas o reactivas; privadas o públicas; autónomas o planificadas; basadas en comunidades, en ecosistemas, en tecnología o en infraestructura. Por ejemplo, la adaptación a las inundaciones puede tomar medidas preventivas como la limitación de obras en áreas inundables o la protección con murallas o la mejora de sistemas de drenaje, o puede tomar medidas reactivas como los planes de emergencia de transporte público en zonas inundadas.

Partiendo de estas definiciones, es claro que la exposición y la vulnerabilidad ante los eventos climáticos determinan qué tan factible es que sucedan desastres (riesgo de desastres) y cuáles son sus impactos. Los patrones de desarrollo y asentamiento determinan esos niveles de vulnerabilidad y exposición, por lo que el riesgo puede considerarse una construcción social, económica y ambiental. Por eso, la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático deben ser prioridades para las autoridades locales: una población adaptada y resiliente es una población competitiva y de vanguardia.

La figura siguiente resume las principales relaciones entre algunos de los conceptos que han sido presentados, la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático.

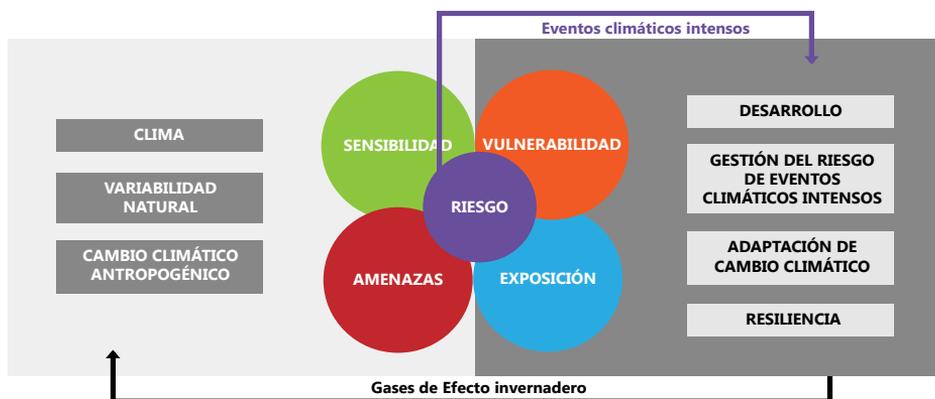


Fig. 26 - Conceptos básicos sobre adaptación al cambio climático. Fuente: Elaboración propia con base en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, DNP

De esta forma, durante la estructuración de políticas y la planificación de proyectos de movilidad urbana deben incorporarse claramente criterios de adaptación al cambio climático con una coordinación con las agendas locales de gestión del riesgo. Así por ejemplo, las comunidades asentadas en lugares con escenarios futuros de alta precipitación, que tengan zonas inundables, sean costeras o estén en rondas de ríos deberán priorizar sus inversiones de infraestructura para la movilidad en obras hidráulicas, muelles, malecones y redes de drenaje, y no en carreteras y puentes.

Sin embargo, para entender cabalmente cuáles son los proyectos de adaptación más adecuados para un determinado territorio y para sus redes de movilidad urbana, se requiere de un riguroso levantamiento de información secundaria y primaria

para caracterizar los fenómenos de remoción en masa, inundaciones por desbordamientos, anegaciones, encharcamientos, colmataciones de redes, reflujos, etc. Así mismo, deben relacionarse dichos fenómenos con la variabilidad de los fenómenos hidrometeorológicos por causa del cambio climático, e identificar sus potenciales consecuencias sobre las personas, los vehículos y las redes de transporte y servicios.

Tal como se observa en la figura siguiente, la elaboración de mapas de riesgos que permitan identificar acciones concretas en el territorio, es el resultado de una serie de evaluaciones cuantitativas o cualitativas para indicadores de vulnerabilidad, exposición, sensibilidad, entre otros.



Fig. 27 - Esquema general del procedimiento de elaboración de mapas de vulnerabilidades y riesgos de las redes de transporte ante el cambio climático. Fuente: Elaboración propia con base en el Plan Vías-CC, Ministerio de Transporte, 2014

Lo ideal es aplicar metodologías cuantitativas o semicuantitativas que relacionan de mejor manera el cambio climático con las variaciones en las intensidades de las amenazas, y el impacto potencial de las mismas sobre los sistemas viales urbanos. Las mediciones en campo, los estudios geológicos, las cartografías sociales, entre otras actividades de cuantificación de indicadores, son costosas pero permiten determinar de forma propicia los niveles de vulnerabilidad y riesgo de lugares específicos. Sin embargo, en muchas ocasiones no existen recursos humanos, técnicos o financieros para adelantar estudios concienzudos de riesgo y es necesario apelar a evaluaciones cualitativas de los indicadores.

En esta guía se ofrece una metodología cualitativa de evaluación de vulnerabilidad y riesgo, que resulta práctica durante la toma de decisiones. Sin embargo, el éxito de la aplicación de esta metodología está fuertemente condicionado a la experiencia de los evaluadores y a la elaboración de un instructivo que defina muy claramente los criterios de evaluación de los distintos indicadores. De esta forma, las autoridades locales deberán destinar recursos a la evaluación de indicadores de vulnerabilidad y riesgo y migrar paulatinamente a un sistema de gestión del riesgo alimentado con mediciones hidrometeorológicas y geológicas periódicas. Estos sistemas permiten además hacer **seguimiento y monitoreo** de los proyectos de adaptación, retroalimentando de manera clara y oportuna a los tomadores de decisiones para definir la continuidad, modificación o conclusión los mismos. Al final del capítulo, se muestra un ejemplo de indicadores para medir el éxito de la adaptación al cambio climático.

3.1. Identificación de Riesgos y Amenazas: Mapear para Prevenir

El análisis de riesgos climatológicos en sistemas de movilidad urbana, no es solo una buena práctica de planificación y gerencia, sino también un requisito legal para las autoridades locales. En Colombia desde el año 2012 la gestión del riesgo ante desastres viene regulada por la ley 1523, mencionada anteriormente, estableciéndose un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible, incluyendo aspectos relacionados con cambio climático²¹. Así mismo el Decreto 1807 de 2014 reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial (POT) a través de:

- » La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.
- » La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo.
- » La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar estudios detallados.
- » La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.

De esta forma, el marco normativo en gestión de riesgos es una evidencia de que Colombia es uno de los países del mundo más vulnerables al cambio climático por su condición tropical, por su diversidad geográfica, ecosistémica y socioeconómica, y por ello está preparándose institucionalmente para enfrentarlo. El territorio colombiano se caracteriza por una amplia diversidad de ecosistemas, determinados por su ubicación geográfica, y por las características físicas y climáticas de un país con tres cordilleras, seis regiones naturales, y una vasta diversidad cultural que moldea las dinámicas de las numerosas comunidades locales presentes en el país. Por eso, cada una de las autoridades locales debe entender cabalmente la composición de su territorio y mapear las amenazas para planificar adecuadamente sus sistemas urbanos, entre ellos el de movilidad.

Para la sociedad es más barato analizar hoy la vulnerabilidad y el riesgo de los sistemas de movilidad urbana que esperar a que ocurran los eventos climáticos y reparar sus consecuencias



La siguiente tabla, desarrollada a partir del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, incluye un listado de algunas **amenazas** del territorio colombiano y **que pueden afectar al entorno urbano** junto con los impactos potenciales que pueden ocasionar en los usuarios, estructuras e infraestructuras del transporte:

21 - Ley 1523 de 2012 (Abril 24), Unidad Nacional para la Gestión del riesgo de Desastres. República de Colombia

AMENAZA	DEFINICIÓN	IMPACTOS POTENCIALES
Ciclones tropicales, tormentas tropicales	<p><i>Ciclón tropical, huracán, ciclón y tifón son términos diferentes para el mismo fenómeno meteorológico, que se caracteriza por lluvias torrenciales y por una velocidad máxima de los vientos sostenidos en la zona cercana al ojo, superior a los 119 km/h. Sus lluvias intensas suelen generar inundaciones y deslizamientos de tierra.</i></p>	Afectación directa a la población
		Daños y/o pérdidas en estructuras vitales
		Daños y/o pérdidas en infraestructura de soporte para las actividades económicas: sistemas de transporte, agua, energía, y comunicación
Ola de calor	<p><i>Ola de calor, como la secuencia de varios días consecutivos en los cuales se han mantenido temperaturas máximas por encima de ciertos límites críticos, determinados como los valores correspondientes al tercil superior de la serie histórica.</i></p>	Afectación a la salud humana
Granizadas	<p><i>El granizo es un tipo de precipitación de partículas irregulares de hielo. Se forma en tormentas intensas en las que se producen gotas de agua sobreenfriadas, es decir, aún líquidas pero a temperaturas por debajo de su punto normal de congelación (0 °C), y ocurre tanto en verano como en invierno.</i></p>	Impactos sobre las actividades económicas (e.g., agricultura, actividad comercial, transporte aéreo) y su infraestructura
		Congestión vial en áreas urbanas
Heladas	<p><i>En términos meteorológicos se dice que la helada es la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0°C a un nivel de 2 metros sobre el nivel del suelo. Desde el punto de vista agro-meteorológico podría definirse una helada como la temperatura a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño.</i></p>	Accidentes en la vía
Vientos fuertes / Vendavales	<p><i>Vendavales son ráfagas de viento que se presentan en una sola dirección, con velocidades entre 50 y 80 km/h, en intervalos cortos de tiempo, que alcanzan a recorrer entre uno y dos kilómetros y se relacionan por lo general, con aguaceros fuertes que aparecen de manera inesperada, producto del choque de dos masas de aire con temperaturas diferentes.</i></p>	Afectación directa sobre la población
		Daños en vivienda e infraestructura vital
		Cortes en los servicios públicos
Aguaceros o chubascos	<p><i>Precipitación líquida repentina, abundante y de poca duración.</i></p>	Pérdidas económicas por suspensión de actividades productivas
		Daños en vivienda e infraestructura

Inundaciones	<p><i>Las inundaciones por desbordamiento se producen cuando se presentan caudales y volúmenes que superan la capacidad hidráulica de un cuerpo de agua, por causas naturales o antrópicas, generando niveles de agua en zonas donde típicamente no debería estar o que no se tiene previsto que estén allí. Se pueden distinguir diferentes tipologías: Según su duración (súbita o lenta); según el mecanismo (fluviales, pluviales, costeras, etc.).</i></p>	Daños en vivienda e infraestructura vital básica (centros educativos, salud, vías de acceso, sistemas eléctricos, redes de alcantarillado y distribución de agua potable)
		Afectación directa a la población
		Emergencia institucional local por falta de recursos económicos y logísticos
Movimientos en masa	<p><i>Desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta y su ocurrencia depende de las siguientes variables: clase de rocas y suelos, orientación de las fracturas o grietas en la tierra, cantidad de lluvia en el área, actividad sísmica, actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.) y erosión (por actividad humana y de la naturaleza).</i></p>	Daños y/o pérdidas en vivienda e infraestructura vital
		Afectación en el transporte terrestre envío de productos agrícolas y de manufactura y petroquímicos
Avenidas torrenciales	<p><i>Las avenidas torrenciales son crecientes súbitas que por las condiciones geomorfológicas de la cuenca están compuestas por un flujo de agua con alto contenido de materiales de arrastre, con un gran potencial destructivo debido a su alta velocidad.</i></p>	Afectación directa a la población
		Daños en vivienda e infraestructura vital

Tabla 17 - Principales amenazas del cambio climático en Colombia e impactos potenciales que pueden generar. Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, DNP

Ante este listado de amenazas es evidente la necesidad de cuantificar y mapear las vulnerabilidades y riesgos al cambio climático, especialmente los asociados a infraestructuras de transporte de cada entorno urbano, a fin de identificar los puntos y ámbitos más vulnerables, y con ello formular las acciones y proyectos de adaptación más adecuados.

Con base a lo anterior, se describe a continuación una metodología para calcular la vulnerabilidad y el riesgo de una red de transporte urbano, basada en la selección de una serie de indicadores y en la valoración cuantitativa de los mismos por parte de los responsables de los gobiernos locales en materia de gestión de riesgo, transporte y medio ambiente, para calcular a partir de ellos los grados de vulnerabilidad y riesgos de dicha red de transporte. Sobre esta base se generará el Mapa de Vulnerabilidad y Riesgo asociado a la variabilidad climática y a las redes de infraestructura para la movilidad. Dicho mapa permitirá visualizar la vulnerabilidad de los distintos tramos de la red y así **priorizar los tramos críticos para realizar estudios detallados.**

ZONIFICACIÓN

Antes de comenzar a calcular vulnerabilidades y riesgos es necesario realizar una **zonificación** previa del área geográfica en estudio para determinar sobre qué entidades o unidades se va a realizar el cálculo y que serán las posteriormente representadas en los mapas de vulnerabilidades y riesgos. Dicha zonificación será la más adecuada según las características de cada zona y la disponibilidad de información: por calles/vías, secciones censales, barrios o distritos (no es recomendable a mayor escala), y para cada una de ellas se realizará el cálculo que a continuación se expone del grado de vulnerabilidad y el índice de riesgo ante el cambio climático.

VULNERABILIDAD

El **grado de Vulnerabilidad al Cambio Climático** está compuesto por tres índices diferenciados, cada uno con una ponderación relativa respecto a los otros dos:

- » **Índice de exposición** (50%): evalúa el riesgo que tiene una red de recibir impactos de fenómenos extremos relacionados con el clima, así como los cambios previstos en los parámetros climáticos de referencia.
- » **Índice de sensibilidad** (25%): analiza la sensibilidad o susceptibilidad de la red actual a la exposición a fenómenos extremos, función de las circunstancias físicas, sociales y de medios de subsistencia actuales de la población (infraestructura, aspectos bio-físicos y aspectos socio-económicos).
- » **Índice de capacidad adaptativa** (25%): evalúa la habilidad o el potencial de las instituciones de un municipio, su economía y su sociedad, para ajustarse a las presiones existentes o previstas resultantes del cambio climático o para aprovecharlas. También se considera: infraestructura, aspectos bio-físicos y aspectos socio-económicos.

Estos índices se calculan a través de indicadores. Para el transporte urbano, se consideran como posibles indicadores de cada índice del grado de vulnerabilidad los que se muestran en la tabla siguiente (basada en Plan VIAS-CC, Ministerio de Transporte, 2014).

INDICE	ASPECTO	IMPACTOS POTENCIALES
Exposición	Amenaza	Precipitación (Lluvia extrema / Tormentas)
		Nivel del Mar o de Ríos
		Temperatura (Ola de calor / Sequía)
	Ubicación	Inventario Vial Urbano e Interurbano
		Cuencas
		Ecosistemas/Coberturas
		Usos de suelo
		Asentamientos Humanos

Sensibilidad	<i>Infraestructura</i>	Diseño
		Materiales
		Edad/Vida Útil
		Prácticas Constructivas
		Mantenimiento
	<i>Biofísico</i>	Hidrología
		Relieve/Geología/Geomorfología/Suelos
		Ecosistemas/Coberturas (Servicios ecosistémicos)
		Usos del Suelo
		Asentamientos Humanos
<i>Socio-Económico</i>	Actividades Económicas	
	Manejo de Agua	
	Manejo de Residuos	
	Orden Público	

Capacidad Adaptativa	<i>Infraestructura</i>	Tecnología
		Equipos/Procedimientos de Atención de Emergencias
		Recursos/Protección Financiera ante Desastres
		Marco Legal/Normativa
		Educación
		Capacidad Institucional
		Conocimiento/Información
	<i>Biofísico</i>	Evolución y Capacidad Adaptativa Intrínseca
		Tecnología
		Equipos/Procedimientos de Atención de Emergencias
		Recursos/Protección Financiera ante Desastres
		Educación
		Marco Legal/Normativa
		Conocimiento/Información
	Capacidad Institucional	
	<i>Socio-Económico</i>	Tecnología
		Equipos/Procedimientos de Atención de Emergencias
		Recursos/Protección Financiera ante Desastres
		Educación
		Marco Legal/Normativa
		Conocimiento/Información
Redundancia		
Capacidad Institucional		

Tabla 18 - Batería de indicadores correspondientes a cada índice que pueden formar parte del cálculo del índice de vulnerabilidad. Fuente: Adaptación del Plan Vías-CC, Ministerio de Transporte, 2014

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Elegir aquellos indicadores de la tabla anterior u otros relacionados con el transporte urbano que se consideren importantes para el municipio y la red de transporte objeto de estudio, siendo recomendable tomar indicadores de los tres índices descritos.
2. A cada indicador seleccionado se le dará una importancia o peso dentro de su índice (1 es poco importante, 10 es muy importante).
3. Cada indicador se valorará en una escala de valores de 1 a 5 (1 es poco-leve-positivo y 5 es mucho-grave-negativo).
4. A partir de cada uno de dichos valores y de los pesos de los indicadores, se calcula un valor de cada índice (entre 0 y 1) mediante la normalización a partir de los valores y de los pesos de cada indicador en su índice.
5. Finalmente se calcula el grado de Vulnerabilidad (entre 0 y 1) a partir de la suma ponderada de los tres índices (50%, 25% y 25% respectivamente). Se considerará la siguiente escala de vulnerabilidad: MUY BAJA ($\leq 0,2$), BAJA ($>0,2$ y $\leq 0,4$), MEDIA ($>0,4$ y $\leq 0,6$), ALTA ($>0,6$ y $\leq 0,8$) y MUY ALTA ($>0,8$ y ≤ 1).



Fig. 28 - Via bacheada. Fuente: ISOIN

Las fuentes de información para determinar los pesos y los valores de los indicadores para cada índice dependerán de aspectos clave como la disponibilidad de información a escala municipal, registros de históricos de eventos climáticos adversos. Todo ello bajo el marco de los criterios y prioridades que cada autoridad local considere más importantes a la hora de seleccionar los indicadores más adecuados y ponderar sus pesos, en función de la gestión de incidentes anteriores, políticas de adaptación al cambio climático, planes de gestión del riesgo, entre otros.

Es importante que estas evaluaciones las adelante un grupo de profesionales idóneo, con delegados de entidades públicas involucradas en la gestión del riesgo y de sistemas de movilidad urbana. Ese grupo podrá ser formalizado e institucionalizado a través de comités intersectoriales, por ejemplo, garantizando así que se minimicen los riesgos de calificar erradamente la vulnerabilidad de un territorio.

Ejemplo de Aplicación

En un municipio se pretende calcular el grado de vulnerabilidad de un distrito de dicho municipio, contando con información de base suficiente para cuantificar una serie de indicadores, los cuáles han sido ponderados en importancia relativa y posteriormente valorados, siendo los resultados los mostrados en la siguiente tabla:

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN (50%)			ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (25%)			ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA (25%)		
Indicador	Peso	Valor	Indicador	Peso	Valor	Indicador	Peso	Valor
Precipitación (Lluvia Extrema / Tormentas)	8	4	Materiales	10	4	Equipos/Procedimientos de Atención de Emergencias (Infr)	10	5
Nivel del Mar o de Ríos	6	1	Mantenimiento	4	3	Recursos/Protección Financiera ante Desastres (infr)	10	4
Temperatura (Ola de Calor / Sequía)	9	5	Actividades Económicas	6	3	Tecnología (infr)	2	1
Inventario Vial Urbano e Interurbano	7	5	Manejo de Agua	5	2	Capacidad Institucional (soc)	9	2
Usos de Suelo	5	3	Orden Público	8	5	Educación (soc)	8	2

Tabla 19 - Ejemplo de ponderación de indicadores para el cálculo del grado de vulnerabilidad en un municipio

Una vez seleccionados, ponderados y cuantificados los indicadores de cada índice, el siguiente paso es calcular los valores de dichos índices, para lo cual se realiza el siguiente proceso de normalización:

Para cada indicador se calcula el producto de su valor por su peso; se suman todos esos productos de todos los indicadores y se divide por el número de indicadores (en este caso 5). Se calcula el máximo valor posible para dicha operación (todos los indicadores valiendo 10) y finalmente se calcula el cociente entre ambos. En este ejemplo sería así:

Índice de Exposición (I.E.)

Producto según valores asignados (P_a^{ie}): $8*4+6*1+9*5+7*5+5*3 = 133$

Producto máximo posible (P_{max}^{ie}): $8*5+6*5+9*5+7*5+5*5 = 175$

$$IE = P_a^{ie} / P_{max}^{ie} = 133/175 = \mathbf{0.76}$$

Índice de Sensibilidad (I.S.)

Producto según valores asignados (P_a^{is}): $10*4+4*3+6*3+5*2+8*5 = 120$

Producto máximo posible (P_{max}^{is}): $10*5+4*5+6*5+5*5+8*5 = 165$

$$IE = P_a^{is} / P_{max}^{is} = 120/165 = \mathbf{0.73}$$

Índice de Capacidad Adaptativa (I.C.)

Producto según valores asignados (P_a^{ic}): $10*5+10*4+2*1+9*3+8*2 = 135$

Producto máximo posible (P_{max}^{ic}): $10*5+10*5+2*5+9*5+8*5 = 195$

$$IC = P_a^{ic} / P_{max}^{ic} = 135/195 = \mathbf{0.69}$$

Finalmente se calcula el grado de vulnerabilidad mediante la suma ponderada de los tres índices calculados:

$$\text{Grado de Vulnerabilidad (G.V.)} = IE * \text{pesoIE} + IS * \text{pesoIS} + IC * \text{pesoIC}$$

Ecuación 5

En este ejemplo **G.V.** = $0.76*0.50 + 0.73*0.25 + 0.69*0.25 = \mathbf{0.735}$, que en la escala anterior de vulnerabilidad se corresponde con un nivel ALTO

RIESGO

Con respecto a la estimación del índice de **riesgo**, la metodología parte de la misma zonificación que en el caso del cálculo del grado de vulnerabilidad, pero manejando sus correspondientes conceptos, que son la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y el valor esperado de las consecuencias o pérdidas que pueda ocasionar. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Elegir un listado de indicadores de pérdidas o daños (L_i) relacionados con el transporte urbano que se considere importante para el municipio y la red de transporte objeto de estudio y definir unos niveles de escala de 0 a 4 para cada indicador de menor a mayor impacto con base en la experiencia de cada municipio. En la tabla siguiente (basada en Plan VIAS-CC, Ministerio de Transporte 2014) se presentan unos posibles indicadores de daños y pérdidas que pueden tenerse en cuenta para el análisis de riesgo.

ASPECTO	INDICADOR
Social	Pérdidas humanas
	Afectaciones a la dinámica social
Económico	Pérdida de equipos (vehículos p. ej.)
	Pérdidas de infraestructura
	Costo de las reparaciones de infraestructura
	Costo del mantenimiento
	Carga perdida
	Carga represada
	Transacciones no realizadas con las mercancías (manufactura, agricultura, industria)
	Transacciones no realizadas por las personas (comercio, turismo)
Servicios conexos desconectados (nivel de servicio transportes públicos, comunicaciones, etc.)	
Otros	Reducción en la eficacia de la acción del estado (seguridad, salud)
	Reducción en la capacidad adaptativa frente a estas y otras amenazas

Tabla 20 - Bateria de indicadores correspondientes al cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático. Fuente: Adaptación del Plan Vías-CC, Ministerio de Transporte 2014

- Identificar el escenario de riesgo (R_{jk}) con base en las principales amenazas (A_j) a las que se enfrenta cada municipio y sus niveles de consecuencias (C_k). En este sentido habría que identificar un número reducido de ellos (los más probables o los más habituales) dado que cada escenario deriva en un cálculo del índice de riesgo y con ello en un mapa de ese riesgo.
- Para cada amenaza, estimar la probabilidad $P(A_j)$ de que ocurra en el municipio (o entidad individual según zonificación) a estudiar. Se puede medir como número de veces al año que ocurre²².
- Para cada amenaza, estimar la probabilidad de que se presente cada consecuencia $P(C_k/A_j)$. Se puede medir como la frecuencia con la que se presenta.
- Multiplicar ambas probabilidades para cada escenario de riesgo para obtener la probabilidad de que ocurra el escenario de riesgo R_{jk} asociado a que exista la amenaza A_j y el nivel de pérdidas C_k como consecuencia, según la ecuación 5:

$$P(R_{jk}) = P\left(\frac{C_k}{A_j}\right) \cdot P(A_j)$$

Ecuación 5

- Estimar los niveles de consecuencias asociados a cada escenario de riesgo y cada indicador de pérdida, esto es, los valores de los indicadores L_{jk} .
- Estimar unos pesos normalizados para cada indicador de pérdida (w_{inor}) en una escala de 1 a 10, y calcular los niveles de consecuencias ponderadas para cada escenario de riesgo (L_{ijk}), según la ecuación 6:

$$L_{jk} = \sum_{i=1}^n W_{inor} L_{ijk}$$

Ecuación 6

- Dibujar sobre una matriz de riesgo²³ cada uno de los escenarios de riesgo con base en la probabilidad de ocurrencia del evento (aplicando el resultado de la ecuación 5 a la ecuación 7)²⁴ y el valor de las consecuencias esperadas (calculado mediante la ecuación 6), en ambos casos escalados de 1-4.

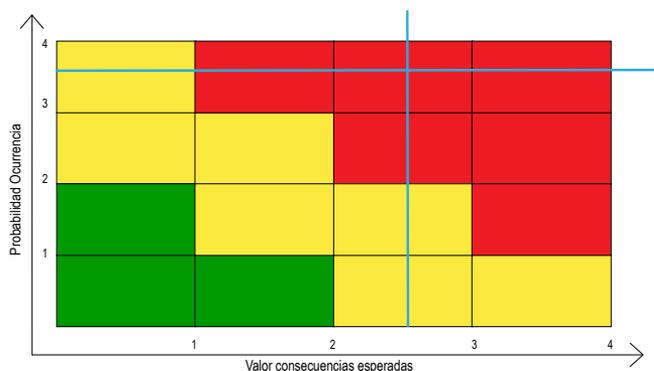
$$\text{Probabilidad ocurrencia evento} = 4 - \log_{10} \left(\frac{1}{P(A_{jk})} \right)$$

Ecuación 7

22 - La valoración cuantitativa tanto de la probabilidad de ocurrencia de eventos como de las pérdidas potenciales es compleja y a veces errónea, por lo que es habitual plantear metodologías cualitativas, basadas en la experiencia, o semi-cuantitativas. Staveren, M. Th. Van, 2006: *Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach*, Elsevier Ltd.

23 - La definición de la matriz de riesgo se basa en el proyecto europeo RIMAROCC, donde se presenta una guía metodológica de la gestión del riesgo en carreteras por efectos del cambio climático. Bles T., Ennesser Y., Fadeuilhe J-J., Falemo S., Lind B., Mens M., Ray M., and Sandersen F., 2010. *Risk Management for Roads in a Changing Climate. A Guidebook to the RIMAROCC Method*.

24 - Las probabilidades de los eventos siguen una escala logarítmica de forma que toma el valor 1 (RARO) si es menor que 0,001 (una vez cada 1000 años), el valor 2 (POSIBLE) si está 0,001 y 0,01, el valor 3 (PRÓBABLE) si está 0,01 y 0,1, y el valor 4 (SEGURO) si es superior a 0,1



El valor de ambas magnitudes permitirán representar el escenario analizado sobre esta matriz de riesgos y determinar el índice de riesgo (BAJO si es color verde, MEDIO si es color amarillo y ALTO si es color rojo).

Fig. 29 - Matriz de riesgos. Fuentes: ISOIN

Ejemplo de Aplicación

En un municipio se pretende calcular el índice de riesgo al que está expuesto uno de sus distritos ante un escenario de lluvia intensa que provoca inundaciones en la red viaria urbana, contando con información de base suficiente, con base en experiencias anteriores con este tipo de eventos.

PASO 1: SELECCIÓN Y ESCALADO DE INDICADORES DE PÉRDIDAS L_i

Indicadores de pérdidas y daños	Nulo (0)	Menor (1)	Moderado (2)	Mayor (3)	Catastrófico (4)
L_1 - Pérdidas humanas	Sin daños leves	Daños leves	1-3 daños serios	1-5 fallecimientos	> 5 fallecimientos
L_2 - Pérdidas de vehículos	Sin pérdidas	< \$10,000	\$10,000-30,000	\$30,000 - 50,000	> \$50,000
L_3 - Costo reparaciones de infraestructuras	Sin reparaciones	< \$10,000	\$10,000-50,000	\$50,000 - 100,000	> \$100,000
L_4 - Reducción nivel de servicio (LOS) transporte público	Sin retrasos	Retrasos puntuales	Retrasos leves pero permanentes	Retrasos importantes y permanentes	Cese del servicio
L_5 - Reducción capacidad adaptativa frente a esta amenaza	Sin reducción	Reducción muy puntual	Reducción en el corto plazo	Reducción en el medio plazo	Reducción en el largo plazo

Tabla 21 - Ejemplo de indicadores de pérdidas seleccionados y definición de niveles para el cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático

PASO 2: SELECCIÓN DEL/LOS ESCENARIO/S DE RIESGO

En este caso tal y como se indica en el enunciado del ejemplo, el escenario de riesgo es el de lluvia intensa que provoca inundaciones en la red viaria urbana (R_{11}).

PASO 3-5: CÁLCULO DE PROBABILIDADES

Para calcular la probabilidad del escenario de riesgo, primero se estima $P(A_j)$ como la probabilidad de que ocurra dicho evento, medida en número de veces que se presenta el evento al año (por ejemplo, un valor de 0,3 de A_1 significa que la lluvia extrema en un municipio se presenta 3 veces cada 10 años). También se estima $P(C_k/A_j)$ como la probabilidad de que ocurra el nivel de pérdidas C_k si se presenta el escenario de amenaza A_j , medida en porcentaje de veces que se tiene ese nivel de pérdida si ocurre ese evento una lluvia extrema, A_1 , se inundan las vías del distrito, C_1).

En la Ecuación 6 se muestra que al multiplicar $P(A_j)$ por $P(C_k|A_j)$ se obtiene la probabilidad de que ocurra el escenario de riesgo R_{jk} asociado a que exista la amenaza A_j y el nivel de pérdidas C_k como consecuencia.

Siguiendo con el ejemplo propuesto, se estima que en un periodo de 10 años, en 6 ocasiones se presenta un evento de lluvia extrema en el municipio, y que en el 80% de las veces que eso ocurre, se inundan las vías del distrito analizado. Esto da lugar a la siguiente tabla:

Escenarios de riesgo	$P(A_j)$ por año	$P(C_k A_j)$	$P(R_{jk})$ por año según Ec 5
R_{11}	0,6	0,8	$0,6 \times 0,8 = 0,48$

Tabla 22 - Estimaciones de probabilidades de escenarios de riesgos para el cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático

De la tabla anterior se deduce que una vez cada 2.08 (que es lo mismo que 0.48 veces al año o 4.8 veces cada 10 años) se inundan las vías del distrito consecuencia de la ocurrencia de eventos de lluvias intensas.

PASO 6: ESTIMACIÓN DE NIVELES DE CONSECUENCIAS PARA CADA INDICADOR DE PÉRDIDAS L_i

Ahora se estiman, de nuevo con base en la experiencia, los indicadores seleccionados en el primer paso de la metodología. El resultado es el siguiente:

Escenarios de riesgo	Niveles de pérdidas (valores para los indicadores)				
	Pérdidas humanas L_1	Pérdidas de vehículos L_2	Costo reparaciones infraestructuras L_3	Reducción LOS TP L_4	Reducción capacidad adaptación L_5
R_{11}	1	3	3	4	2

Tabla 23 - Niveles de pérdidas de escenarios de riesgos para el cálculo del riesgo ante amenazas derivadas del cambio climático

PASO 7: ESTIMAR LOS PESOS PARA FIJAR LA IMPORTANCIA RELATIVA DE CADA INDICADOR (EN UN ESCALA DE 1 A 10) Y CALCULAR LOS NIVELES DE CONSECUENCIAS PONDERADAS PARA EL ESCENARIO DE RIESGO

Se estiman los pesos relativos de los indicadores:

Escenarios de riesgo	Pesos de los indicadores de pérdidas				
	W_1 de L_1	W_2 de L_2	W_3 de L_3	W_4 de L_4	W_5 de L_5
R_{11}	10	6	8	5	4

Tabla 24 - Asignación de pesos a cada indicador de pérdidas

Se normalizan para que la suma de todos ellos sea igual a 1, para lo cual se divide cada peso por la suma de los pesos, según la ecuación 8:

$$W_{inor} = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Ecuación 8

	Pesos de los indicadores de pérdidas ponderados				
Escenarios de riesgo	W_{1nor} de L_1	W_{2nor} de L_2	W_{3nor} de L_3	W_{4nor} de L_4	W_{5nor} de L_5
R_{11}	10/33=0,30	6/33=0,18	8/33=0,24	5/33=0,15	4/33=0,12

Tabla 25 - Cálculo de los pesos normalizados de cada indicador de pérdidas

Finalmente, se calcula el nivel de consecuencias ponderadas para el escenario analizado aplicando la ecuación 6:

$$L_{jk} = \sum_{i=1}^n W_i L_{ijk}$$

$$L_{11} = W_{1nor} \times L_1 + W_{2nor} \times L_2 + W_{3nor} \times L_3 + W_{4nor} \times L_4 + W_{5nor} \times L_5$$

$$= 0,30 \times 1 + 0,18 \times 3 + 0,24 \times 3 + 0,15 \times 4 + 0,12 \times 2 = \mathbf{2,40}$$

PASO 8: DETERMINAR EL ÍNDICE DE RIESGO EN LA MATRIZ DE RIESGOS

Para nuestro escenario R_{11} los resultados finales son los siguientes:

Nivel de consecuencias ponderadas para el escenario analizado: 3.15 (resultado del paso 7)
Probabilidad de ocurrencia del escenario (según Ecuación 7):

$$4 - \log_{10} \left(\frac{1}{0,48} \right) = \mathbf{3,68}$$

Llevando estos resultados a la matriz de riesgos (Fig 22., líneas color azul), el resultado final es:
ÍNDICE DE RIESGO: ALTO

MAPAS DE VULNERABILIDADES Y DE RIESGOS

Para efectos de planeamiento urbano y de sistemas de movilidad, es indispensable dibujar estas magnitudes en un mapa, que constituya una representación gráfica de la importancia de las vulnerabilidades y de los riesgos que tienen las redes de transporte urbano ante las amenazas derivadas del cambio climático. El proceso no es complejo, si bien la dificultad principal, especialmente en el caso de municipios con menos medios técnicos a su alcance, podrá venir dada por la **disponibilidad de los sistemas de información geográfica** que permiten elaborar estos mapas.

El proceso de elaboración de estos mapas consta de los siguientes pasos:

1. Sobre un software GIS²⁵ fijar como capa cartográfica base el mapa del municipio.

25 - Uno de los paquetes GIS libres más usados en todo el mundo es gvSIG (<http://www.gvsig.com/es>). Bajo licencia comercial, el referente es ArcGIS de ESRI (<http://www.esri.com/esri/>)

Añadir la capa correspondiente a la zonificación realizada como paso previo a los cálculos anteriormente descritos (la capa base podría ser la cartográfica del municipio con la zonificación ya definida, es algo que depende del formato de la información disponible).

2. Añadir a cada unidad que compone la zonificación los valores calculados del grado de vulnerabilidad y el índice de riesgo ante los eventos ocasionados por el cambio climático. Esto en un GIS se puede realizar añadiendo en la capa de la zonificación dos atributos, uno para cada valor calculado.
3. Crear una capa que asigne diferentes colores a cada grado de vulnerabilidad e índices de riesgo, mediante buffers o curvas de calor.
4. Añadir todas las capas disponibles correspondientes a redes de infraestructuras de transporte (planimetría de calles y red viaria, puentes, túneles, trazados de ferrocarriles, servicios de transporte subterráneo, fluvial, marítimo y aéreo, rutas de transporte público en autobús...), en función de lo que cada municipio ofrezca al respecto, con objeto de cruzar esta información con el grado de vulnerabilidad y el índice de riesgo de cada entidad zonificada, y con ello poder visualizar dicha información para cada elemento de la infraestructura de transporte del municipio.
5. Finalmente, representar los mapas completos con todas estas capas cargadas. El resultado será un mapeado del entorno urbano distribuido por colores en función del nivel de vulnerabilidad y/o riesgo de cada entidad y de cada tramo/aspecto de la red de transporte urbano para un cierto evento. Aunque en general los puntos/zonas con mayor grado de vulnerabilidad suelen coincidir con los de mayor índice de riesgo para un determinado evento, es conveniente representar ambos tipos de mapas, para tener una visión integrada de la exposición del municipio y sus redes de

transporte a los efectos del cambio climático, y además adicionalmente para comprobar que los cálculos han sido los correctos.

A modo de ejemplo se muestra en la figura a la izquierda un mapa con la vulnerabilidad ambiental 2011 a 2040 para todo el territorio de Colombia y basado en una metodología similar a la expuesta en este capítulo, extraído de la “Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” (IDEAM, 2009).

Una vez una autoridad local tenga mapas de riesgo contrastados con infraestructura para sistemas de movilidad urbana, podrá embarcarse en la definición de medidas de adaptación que permitan reducir los efectos del cambio climático en los puntos de las redes de transporte más vulnerables y con mayores riesgos. El siguiente numeral ofrece un abanico de alternativas que debe ser analizado a la luz de cada uno de los territorios.

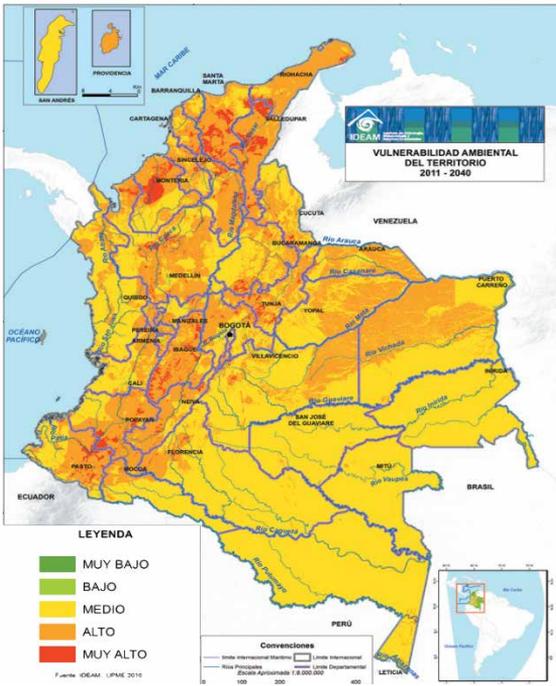


Fig. 30 - Ejemplo de mapa de vulnerabilidad 2011 a 2040 para todo el territorio colombiano. Fuente: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, IDEAM 2009

La disponibilidad de datos de indicadores o la capacidad para cuantificarlos por parte de las autoridades locales marcará la viabilidad de crear mapas de vulnerabilidades y/o de riesgos para las redes de transporte urbano de cada municipio y la fiabilidad de los mapas creados



3.2. Medidas de Adaptación para Transporte Urbano

Una vez que los gobiernos municipales y autoridades locales de transporte urbano disponen de una metodología para cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo ante las amenazas derivadas del cambio climático, el siguiente paso es definir una serie de acciones de adaptación al mismo. En general las medidas de adaptación al cambio climático en el transporte urbano se pueden clasificar en dos tipos:

- » **Acciones de adaptación en la red de infraestructura de transporte:** debe ser planificada, construida y mantenida para resistir temperaturas más altas, peores tormentas, lluvias e inundaciones más intensas, además de niveles de mar más altos. Las medidas de adaptación de infraestructura más efectivas son aquellas en dónde confluyen los instrumentos de planeación territorial (POT o POMCA, por ejemplo), la protección de elementos constitutivos de la estructura ecológica principal de las ciudades y las redes de movilidad.
- » **Acciones de adaptación para proteger a los usuarios:** por ejemplo los vehículos deberán adaptarse para funcionar bien bajo condiciones climáticas más calientes y seguir proporcionando comodidad de viaje, y las paradas de transporte público deberán ofrecer un mayor nivel de protección contra condiciones climáticas más intensas de calor, frío, lluvia y viento.

En los dos siguientes epígrafes se muestran ejemplos de acciones de adaptación al cambio climático dirigidas tanto a las redes de infraestructuras de transporte urbano como a la protección de sus usuarios.

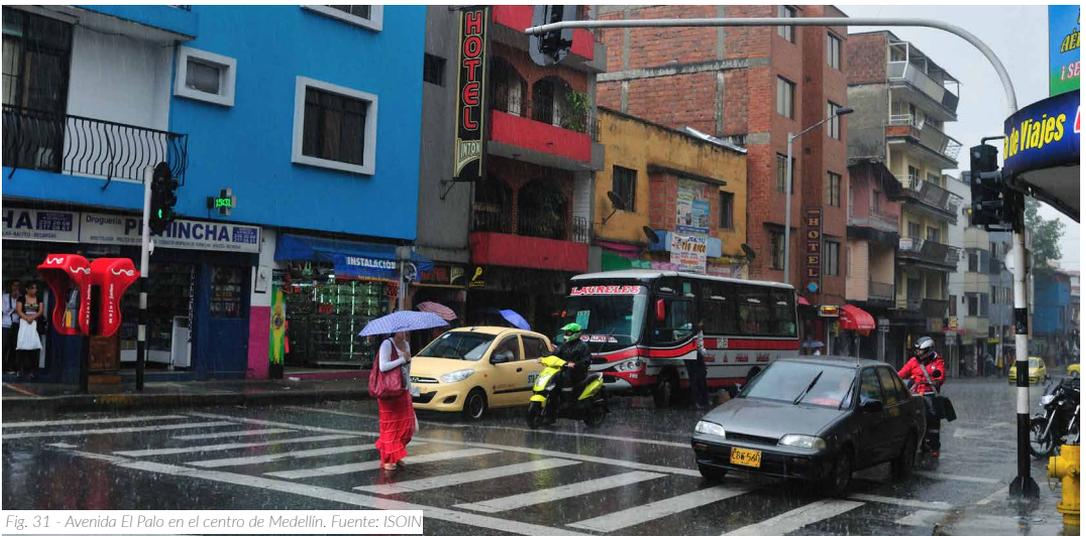


Fig. 31 - Avenida El Palo en el centro de Medellín. Fuente: ISOIN

3.2.1. Adaptación para Redes de Infraestructuras

Los impactos causados por el cambio climático y las restricciones resultantes en uso de vías pueden causar congestión, accidentes y interrupción de servicios de movilidad, y pueden afectar seriamente la evacuación en caso de eventos climáticos extremos. Por eso las medidas principales de adaptación son a nivel genérico:

- Estándares de diseño y materiales para construcción de infraestructura más resistentes
- Sistemas de drenaje mejorados
- Mantenimiento regular de toda la infraestructura
- Planificación urbana que evita áreas de alto riesgo
- Minimizar la necesidad de infraestructura vial a través de planificación urbana compacta que reduzca la dispersión urbana, fomentando la proximidad entre las zonas generadoras y atractoras de desplazamientos, y con ello reducir la cantidad y extensión de los viajes motorizados privados
- Minimizar la necesidad de infraestructura vial a través de planificación urbana compacta
- Proporcionar redundancia suficiente para permitir formas alternativas de paso, cuando ocurre una obstrucción

La redundancia, es decir, construir algo de capacidad de sobra en el sistema, puede reducir en gran medida la vulnerabilidad del sistema de transporte dado que si se pueden elegir varias rutas alternativas, la influencia de un impacto en la capacidad del sistema de transporte sigue siendo baja²⁶



La Tabla siguiente, basada en el documento "Adaptación del Transporte Urbano al Cambio Climático. GTZ, 2010", ofrece una visión detallada de las **medidas posibles de adaptación** con base en posibles impactos climáticos relevantes en la infraestructura de vías urbanas:

Impactos de clima relevantes	Impactos sobre la infraestructura vial	Impactos sobre la infraestructura vial
Temperatura incrementada y más olas de calor	<i>Deformaciones de vías, bajar la velocidad o generar interrupciones en el transporte, derretimiento de asfalto y superficies oscuras</i>	Plantar vegetación a lo largo de las vías para reducir la exposición de vías al calor Reducir la exposición total y proporcionar enfriamiento a través de infraestructura verde y azul, tal como parques y lagos, pero también árboles a lo largo de las vías u otro tipo de sombra
	<i>Aumento de grietas de asfalto debido a las restricciones de material bajo exposición severa al calor</i>	Diseño/construcción apropiados, superposición con asfalto más resistente a las grietas o más uso de concreto Más mantenimiento, rellenar grietas
	<i>Expansión termal o expansión de juntas de puentes y superficies pavimentadas</i>	Nuevos estándares de diseño se pueden necesitar para soportar temperaturas más altas
	<i>Degradación de material estructural de puentes</i>	Mayor mantenimiento

²⁶ - Transportation Research Board (2008): Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation, Transportation Research Board Special Report 290. Washington, DC, USA. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290.pdf> (accessed 1.18.2016)

<p>Sequías más frecuentes (y menor humedad de suelos)</p>	<p>Suelos secos en combinación con lluvias más intensas llevará a más corrimientos de tierras y hundimientos</p> <p>Degradación de los cimientos viales debido a la mayor variación en olas de sequía y lluvia y una reducción en humedad disponible</p> <p>Polvo y arena en las vías puede ser una amenaza de seguridad desde varias perspectivas incluyendo la fricción reducida al frenar, así como menor visibilidad de las marcas de vías</p>	<p>Evaluar la posibilidad de impactos en la infraestructura vial (mapeo de riesgos)</p> <p>Evitar nuevos desarrollos en áreas de alto riesgo</p> <p>Monitoreo de condiciones de suelo en vías existentes</p> <p>Aumentar la limpieza y mantenimiento de las vías</p>
<p>Aumento de nivel del mar y erosión costera</p>	<p>Riesgo de inundación de la infraestructura vial e inundación de túneles subterráneos en ciudades costeras</p> <p>Degradación en la superficie de la vía y las capas base por penetración de sal</p>	<p>Crear mapas de vulnerabilidad para identificar áreas más vulnerables en riesgo</p> <p>Restringir desarrollos en áreas de alto riesgo, p. ej. a lo largo de la costa; zonificación</p> <p>Integrar planificación de transporte con gestión zonas costeras</p> <p>Mejorar las medidas protectoras, como murallas de mar, protección de humedales costeros (como amortiguamiento)</p> <p>Retraimiento gestionado, posiblemente incluyendo el abandono de cierta infraestructura de transporte en el plazo mediano a largo</p> <p>Construir más redundancia en el sistema</p> <p>Cambios en diseño y material hacia materiales más resistentes a la corrosión</p> <p>Drenaje mejorado, bombeo de túneles y elevación de vías</p>
<p>Eventos de lluvia más extremos e inundaciones</p>	<p>Las inundaciones pueden afectar todos los modos de transporte. Los riesgos son más altos en las llanuras de inundación, áreas costeras de baja altitud y donde el drenaje urbano esté sobrecargado o no exista</p> <p>Inundación de vías y túneles subterráneos, especialmente donde el drenaje es inadecuado</p> <p>Daños a las vías y reducción de integridad estructural debido a la erosión, deslizamientos e incremento de niveles de humedad del suelo</p> <p>Ríos o canales más altos pueden llevar a socavamiento y lavado de puentes</p> <p>Las vías de tierra y otras vías con cimientos limitados y poco o ningún drenaje están en riesgo de ser lavadas o desgrasadas</p> <p>Material sub-rasante bajo las vías o pavimentos que pueden degradarse más rápidamente, perdiendo fuerza y su capacidad de resistencia</p> <p>Desgaste aumentado de infraestructuras</p>	<p>Mejorar la infraestructura de drenaje para ser capaces de afrontar eventos de lluvia más intensos, incrementar la capacidad de infraestructura de drenaje para afrontar escorrentía incrementada; incluir túneles bajo grandes vías para facilitar el drenaje más rápido</p> <p>Hacer auditorías a los drenajes con periodicidad. Bombeo mejorado</p> <p>Crear mapas de inundaciones para identificar las áreas más vulnerables, donde la infraestructura necesita ser protegida / mejorada / evitada en el futuro y evaluar rutas alternativas (esto es vital para los planes de evacuación)</p> <p>Hacer que una evaluación de riesgo de inundaciones sea un requerimiento para todos los nuevos desarrollos</p> <p>Restringir los desarrollos en áreas de alto riesgo</p> <p>Mejorar gestión de llanuras de inundación / gestión de costas e infraestructura protectora</p> <p>Sistemas de alerta temprana y planificación de evacuación para eventos intensos de lluvias e inundaciones</p> <p>Instalar avisos muy por encima del suelo que puedan alertar a los peatones y conductores sobre zonas inseguras, tales como áreas de baja altitud</p> <p>Asegurarse de que los puentes y la infraestructura relacionada sea resistente a niveles esperados de inundación</p> <p>Monitoreo de precipitación</p> <p>Mejorar los cimientos</p> <p>Construir vías para todo clima</p> <p>Mejorar espacios verdes y protección de inundaciones</p> <p>Mejorar el monitoreo de condiciones de material sub-rasante especialmente después de lluvias fuertes e inundaciones</p> <p>Mantenimiento frecuente</p> <p>Usar material más durable, tal como material resistente a la corrosión</p>

Tormentas más intensas y frecuentes

Daños a tejido de infraestructura, puentes, iluminación de calles, señales y estaciones de servicio

Riesgo de inundación por el mar durante fuertes vientos, especialmente en combinación con mareas altas y aumento de nivel del mar

Obstrucción de vías debido a árboles, edificios o vehículos caídos por los vientos fuertes

Disrupciones e impactos en seguridad y socioeconómicos como consecuencia

Evaluar si los estándares utilizados actualmente pueden aguantar tormentas más frecuentes e intensas

Adaptar estándares de diseño para nuevos puentes, edificios, etc. para los aumentos esperados de velocidades de viento y lluvias fuertes

Mejorar la predicción del clima para mejor predictibilidad de tormentas, llevando a una mejor preparación y potencialmente menos daños (sistemas de alerta temprana, gestión de riesgos de desastres)

Planificación de emergencia y de rutas de evacuación que omitan las áreas de alto riesgo

Tabla 26 - Medidas de adaptación para redes de infraestructuras. Fuente: Adaptación del Transporte Urbano al Cambio Climático. GTZ, 2010

Algunas de las medidas de adaptación descritas arriba tienen beneficios más allá de incrementar la resistencia de la infraestructura vial, como por ejemplo, buenos sistemas de drenaje y sistemas de almacenamiento natural de agua pueden ayudar también a mejorar la capacidad de almacenamiento y la recarga de agua de suelo en las áreas urbanas.

No obstante, también hay límites a la adaptación. El resultado combinado de los impactos mencionados arriba puede hacer que ciertas porciones de la red vial puedan necesitar ser abandonadas debido a los costos de mantenimiento no sostenibles.

3.2.2. Adaptación para Proteger a Usuarios de las Redes

Los eventos cada vez más frecuentes de condiciones adversas de clima como lluvias y vientos fuertes y temperaturas extremas pueden llevar a menos viajes a pie y en bicicleta, por lo menos más allá de ciertas distancias de viaje. Esto puede llevar a un cambio hacia modos de transporte motorizado, donde están disponibles y son asequibles, o puede impedir severamente la movilidad general de los habitantes urbanos que solo tienen capacidad para caminar y andar en bicicleta. De otra forma, para viajes más cortos se puede esperar que los impactos de climas extremos sean bastante bajos. Esto reitera la importancia del diseño urbano sostenible y denso para la movilidad resistente. El diseño urbano denso, al mismo tiempo, beneficia el desarrollo del transporte sostenible, reduciendo la demanda de viajes y las emisiones relacionadas de transporte, reduciendo entonces el impacto de clima y mejorando la calidad del aire.

En las regiones más frías, las temperaturas crecientes pueden de hecho hacer que caminar y andar en bicicleta sean más atractivos, pero en las regiones calientes, el calor extremo puede hacer que los viajes no motorizados sean muy problemáticos. Aquí, los espacios verdes y azules pueden ofrecer un alivio: los árboles plantados a lo largo de vías para caminar y las ciclovías proporcionan sombra y enfrían, y al mismo tiempo mejoran el microclima, incrementando la atraktividad e incluso actuando como un sumidero de carbono (carbon sink) menor. Los lagos y ríos también tienen un efecto de enfriamiento en el microclima urbano.

Las medidas que mejoran la calidad y seguridad del transporte no motorizado, como las ciclovías y las vías para caminar con sombra pueden volverse incluso más importantes para mantener la atraktividad y la comodidad del transporte no motorizado, cuando se ven con más frecuencia las condiciones de climas adversos. Preservar (o mejorar) la atraktividad del transporte no motorizado es vital para evitar un cambio modal hacia el transporte motorizado de mayores emisiones, que podría empeorar el cambio climático.

Los cambios en la temperatura ya están forzando a las ciudades a proporcionar infraestructura para sombras. La Tabla siguiente, de elaboración propia, resume los impactos climáticos relevantes que afectan a los usuarios de la red de transporte urbano y algunas medidas posibles de adaptación.

Impactos de clima relevantes	Impactos sobre los usuarios	Posibles medidas de adaptación
Temperatura incrementada y más olas de calor	<i>Menos viajes a pie y en bicicleta</i> <i>Cambio hacia modos de transporte motorizado</i> <i>Imposibilidad severa de la movilidad general de los habitantes urbanos que sólo pueden andar o ir en bicicleta</i>	Diseñar entornos urbanos más densos Plantar árboles y toldos a lo largo de vías para caminar Plantar árboles y toldos a lo largo de las ciclovías Diseñar lagos y ríos para obtener un efecto de enfriamiento en el microclima urbano
	<i>Incomodidad de pasajeros de transporte público por calor en los vehículos</i>	Incluir nuevos estándares de diseño (aire acondicionado, ventanas tintadas,...) en requisitos de compra pública de la nueva flota de transporte público
	<i>Incomodidad de pasajeros de transporte público por calor en las paradas</i>	Diseño de paradas de transporte público con materiales no metálicos para evitar acumular calor
Tormentas más intensas y frecuentes	<i>Menos viajes a pie y en bicicleta</i> <i>Cambio hacia modos de transporte motorizado</i> <i>Imposibilidad severa de la movilidad general de los habitantes urbanos que sólo pueden andar o ir en bicicleta</i>	Diseñar entornos urbanos más densos Protección impermeable a lo largo de vías para caminar Protección impermeable a lo largo de las ciclovías
	<i>Menos viajes a pie y en bicicleta</i> <i>Cambio hacia modos de transporte motorizado</i>	Diseñar entornos urbanos más densos
Vientos fuertes / vendavales	<i>Incomodidad de pasajeros de transporte público por viento en las paradas</i>	Diseño de paradas de transporte público con protecciones para evitar viento en interior

Tabla 27 - Medidas de adaptación para proteger a usuarios de las redes de transporte urbano. Fuente: ISOIN



Fig. 32 - Estación de autobuses en Provence, Francia. Fuente: ISOIN

3.2.3. Monitoreo y Evaluación del Éxito de las Medidas

Además de conocer qué tipo de medidas de adaptación al cambio climático pueden ponerse en marcha desde el ámbito local en el ámbito del transporte urbano, es muy importante disponer de herramientas para medir el éxito de las mismas.

En este sentido hay que matizar que, según indica el Informe de Consultoría “Monitoreo y Evaluación de medidas y proyectos para la Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la Región Andina” (2013), actualmente no existe un consenso internacional sobre los criterios para medir el éxito de la adaptación a la variabilidad o al cambio climático.

Sin embargo, el análisis anteriormente descrito para el cálculo del índice de riesgo puede ser aprovechable para exponer una metodología de seguimiento basada en la actualización periódica de dicho índice de riesgo a través de una batería de indicadores de seguimiento.

Los indicadores de seguimiento se definen para:

- » **Monitoreo de la evolución del cambio climático:** dan una idea de la importancia de las medidas implantadas, de forma que una nueva percepción en la evolución del cambio climático puede afectar a las medidas a tomar. Es posible, en tal caso, que las medidas del plan actual tengan que ser cambiadas, no sean útiles o se abandonen.

Entre los indicadores de seguimiento del cambio climático destacan:

- Temperaturas (medias por estaciones y máximas anuales)
 - Precipitaciones (medias anuales y por estaciones, máximas diarias, intervalos)
 - Viento (velocidades máximas)
 - Nivel del mar (medio)
 - Nivel de los ríos (caudal máximo)
- » **Monitoreo del impacto del cambio climático:** dan una idea de los efectos del cambio climático sobre las infraestructuras y los usuarios, de forma que si se reduce la incertidumbre de dicho impacto a través de su seguimiento, entonces las medidas del plan pueden ser cambiadas como se ha mencionado en el punto anterior.

Los indicadores del impacto del cambio climático sobre el transporte se pueden obtener a partir de los indicadores de pérdidas y daños que se utilizaron en la estimación del riesgo (Tabla 19.):

- Daños sobre la población (número de heridos y de pérdidas humanas)
- Daños sobre equipos de transporte (número de equipos y costo de las pérdidas)
- Daños sobre la infraestructura (número de afectaciones por tipo –grietas, deformaciones,...–, costo de las pérdidas, costo de las reparaciones, costo del mantenimiento)
- Daños sobre las cargas transportadas (cargas perdidas, cargas represadas)
- Daños por transacciones no realizadas (valor de las mercancías, número de viajeros en transporte público)

- Daños por servicios conexos desconectados (número de servicios públicos, número de comunicaciones)
- Daños por reducción de la acción del estado (servicios de seguridad no atendidos, servicios de salud no atendidos)

» **Monitoreo de los efectos de las medidas implantadas:** dan una idea de la eficacia de las medidas aplicadas, de forma que este conocimiento se puede utilizar para realizar ajustes en las medidas posteriores.

Los indicadores que miden los efectos de las medidas implantadas y por tanto evalúan el éxito de las medidas, se basan en los indicadores anteriores, es decir, en la evolución del cambio climático (probabilidad de amenazas) y en los indicadores de su impacto sobre la red de transporte y sus usuarios (consecuencias). Esta evaluación coincide con la evaluación del riesgo que se hizo en un apartado anterior de este capítulo y su resultado era una matriz de riesgo.

El monitoreo de los efectos de las medidas se alcanza a través de la actualización anual de la matriz de riesgo para los diversos escenarios de riesgo definidos. Si cada escenario de riesgo va evolucionando hacia la zona verde, entonces las medidas implantadas se pueden considerar exitosas. Recordamos que en dicha matriz de riesgo se representa la probabilidad de las amenazas sobre el cambio climático y las consecuencias de las mismas.

Ejemplo de Aplicación

A modo de ejemplo se muestra una evolución de dos años consecutivos del escenario de inundaciones por lluvias intensas del ejemplo anterior de cálculo del índice de riesgo, antes y después de la puesta en marcha de las siguientes medidas de adaptación:

- Mejorar la infraestructura de drenaje
- Sistemas de alerta temprana y planificación de evacuación para eventos intensos de lluvias e inundaciones
- Protección impermeable a lo largo de vías para caminar

Escenario de riesgo R_{11}	Niveles de pérdidas (valores para los indicadores)				
	Pérdidas humanas L_1	Pérdidas de vehículos L_2	Costo reparaciones infraestructuras L_3	Reducción LOS TPL_4	Reducción capacidad adaptación L_5
Antes de las medidas (año 1)	1	3	3	4	2
Después de las medidas (año 2)	1	0	1	2	1

Tabla 28 - Niveles de pérdidas de escenarios de riesgos para el cálculo del riesgo antes y después de la implementación de las tres medidas de adaptación al cambio climático

Asumiendo que los pesos relativos de los indicadores no cambian, ni tampoco la probabilidad de ocurrencia del evento de lluvias intensas (3.68), el valor de las consecuencias ponderadas antes y después de las medidas queda como sigue:

Antes de la implantación de las medidas de adaptación (año 1):

$$L_{11antes} = W_{1nor} \times L_1 + W_{2nor} \times L_2 + W_{3nor} \times L_3 + W_{4nor} \times L_4 + W_{5nor} \times L_5$$

$$= 0,30 \times 1 + 0,18 \times 3 + 0,24 \times 3 + 0,15 \times 4 + 0,12 \times 2 = \mathbf{2,40}$$

Después de la implantación de las medidas de adaptación (año 2):

$$L_{11después} = W_{1nor} \times L_1 + W_{2nor} \times L_2 + W_{3nor} \times L_3 + W_{4nor} \times L_4 + W_{5nor} \times L_5$$

$$= 0,30 \times 1 + 0,18 \times 0 + 0,24 \times 1 + 0,15 \times 2 + 0,12 \times 1 = \mathbf{0,96}$$

Finalmente las matrices de riesgo para el año 1 y el año 2 quedan así:

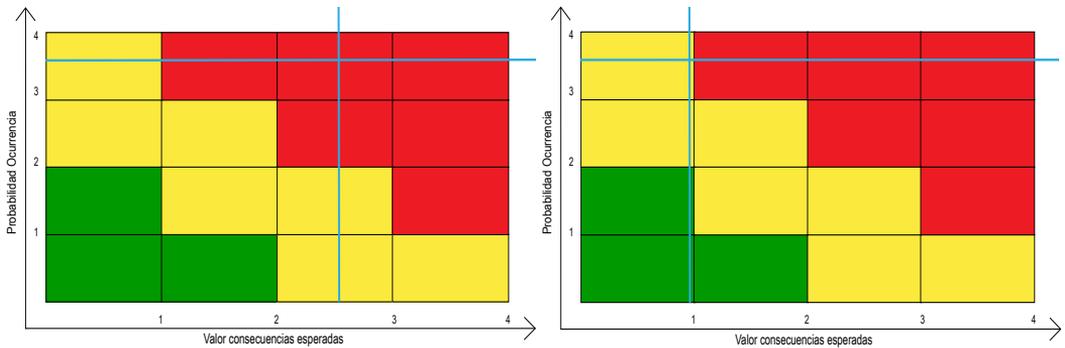


Fig. 33 - Matriz de riesgos en el año 1 (izq) y en el año 2 (dcha). Fuente: ISOIN

Puede apreciarse en la figura anterior la evolución positiva del índice de riesgo tras la implantación de las medidas de adaptación al cambio climático, que pasa de un nivel ALTO (matriz de riesgo de la izquierda de la figura anterior) a un nivel MEDIO (matriz de la derecha en dicha figura).

Las iniciativas de adaptación al cambio climático deben considerarse como un proceso continuo, de modo que las acciones puedan mejorarse sobre la marcha y se vayan corrigiendo errores y optimizando experiencias. Si se pretende que estas iniciativas sean realmente eficaces es preciso que estén acompañadas de planes y programas destinados a reducir la vulnerabilidad social, en el contexto de una planificación integrada de las áreas urbanas. Para la gestión política es importante cumplir con el compromiso de atender el bienestar y la salud de los habitantes de las ciudades. Pero, al mismo tiempo, hay que asumir la responsabilidad global de la adaptación al cambio climático. Estos dos compromisos requieren políticas y estrategias decididas.

El rápido crecimiento urbano, sumado a una urbanización precaria y no planificada plantea un desafío para los gestores de las ciudades y del transporte urbano. El objetivo es claro: impulsar la adaptación de los entornos urbano y de sus sistemas de transporte a los impactos crecientes derivados del cambio

climático, y al mismo tiempo, mejorar la calidad urbana a través de medidas que aumenten la resiliencia de las ciudades, disminuyan su vulnerabilidad y, en definitiva, prevengan los riesgos asociados para sus habitantes. Es por ello que integrar la adaptación al cambio climático con la mejora de los servicios de transporte y movilidad requiere de programas e inversiones que contribuyan al desarrollo urbano, articulándose con otros niveles de gobierno (provinciales, departamentales, nacionales e incluso multilaterales) pero con una participación decidida desde el ámbito local en tanto en cuanto las prioridades y objetivos serán diferentes para cada municipio²⁷.



Fig. 34 - Carretera destruida como consecuencia de torrentes fluviales en el entorno de Barranquilla. Fuente: ISOIN



Fig. 35 - Ejemplo de puente peatonal con parasol protector. Fuente: ISOIN

27 - Texto adaptado del prólogo del documento *Respuesta Urbanas al Cambio Climático en América Latina*, elaborado por la CEPAL y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IIA), 2013



CAPÍTULO 4 Formulación de Proyectos de Mitigación y Adaptación en Transporte Urbano

Capítulo 4

Formulación de Proyectos de Mitigación y Adaptación en Transporte Urbano

En los anteriores capítulos se mostraron los conceptos básicos de cambio climático, incluyendo un panorama de estrategias de mitigación y adaptación en el contexto de la movilidad urbana. En este apartado, se ofrecen las directrices para traducir ese entendimiento en acciones concretas que permitan enfrentarlos mediante la formulación de proyectos de mitigación y adaptación en transporte urbano, incluyendo una visión del contexto institucional Colombiano y los principales instrumentos y fuentes de financiación disponibles por las autoridades locales para facilitar la inversión en la puesta en marcha de actuaciones.



Fig. 36 -Via con prioridad de tránsito peatonal y ciclista en ciudad Europea. Fuente: ISOIN

En preparación a la ratificación del Acuerdo de París, el Gobierno Nacional ha ido avanzando en la definición de los objetivos y la hoja de ruta para cumplir los compromisos internacionales que permitan alcanzar las metas de reducción de emisiones de GEI. En este contexto, el entendimiento entre el Gobierno Nacional y Local es la piedra angular para la formulación de proyectos de mitigación y adaptación en los

sistemas de transporte urbano, donde hay una clara necesidad de optimizar la coordinación interinstitucional a todos los niveles para que las mejoras locales se alineen con las Políticas de Cambio Climático Nacionales. Estas necesidades de sinergias se desprenden de la cantidad de iniciativas con relación con el cambio climático que se adelantan a nivel local, a nivel regional y a nivel nacional e incluso a nivel internacional.

A nivel Nacional, las entidades Gubernamentales están totalmente comprometidas e involucradas en seguir trabajando en esta senda hacia la sustentabilidad, especialmente en la identificación de necesidades legales, técnicas e institucionales que faciliten el seguimiento al compromiso nacional de reducción de emisiones, lo que se

evidencia con las iniciativas que se están llevando a cabo en Colombia por parte de entidades Gubernamentales, tales como el Ministerio de Transporte o el Ministerio de Ambiente, tanto en materia de medidas de mitigación como de adaptación.

Por citar ejemplos concretos relacionados con el apartado anterior de adaptación al cambio climático, el Ministerio de Transporte ha ejecutado en los últimos años varias acciones para reducir la vulnerabilidad de la red viaria ante los fenómenos climáticos futuros, como son:

- » Estudio de vulnerabilidad de la Red Vial Nacional, incluyendo los lineamientos de política para la reducción de la vulnerabilidad y la reducción de riesgos de la infraestructura vial primaria.
- » Revisión y ajuste de anexos técnicos para estudios y diseños de infraestructura de transporte, donde INVIAS ha sido la encargada de realizar los ajustes a los nuevos requerimientos de demanda.
- » Adopción y cumplimiento del Manual de Drenaje de Carreteras en nuevas infraestructuras y actuaciones de mantenimiento.
- » Revisión de los Términos de Referencia de los estudios ambientales y técnicos para proyectos de túneles, puentes y viaductos en Colombia, con el fin de que las nuevas infraestructuras se adapten a los futuros fenómenos del clima²⁸.
- » Respecto a los esfuerzos de coordinación interinstitucional cabe resaltar la presente Guía, que es un esfuerzo más del Ministerio de Transporte para acercar el conocimiento de los instrumentos de que disponen los Gobiernos Locales para formular y articular políticas y medidas en sus ciudades y ámbitos de influencia en sintonía con los Lineamientos Nacionales, siendo necesario que los Gobiernos Locales se involucren en las Políticas de Cambio Climático para cumplir los compromisos Nacionales.

La formulación de programas locales que incorporen medidas de mitigación y adaptación para alcanzar las metas de reducción de emisiones de GEI deben armonizarse con políticas de Cambio Climático y la aplicación de instrumentos tales como planes, programas e iniciativas en el sector transporte



28 - Adaptación Cambio Climático Sector Transporte. MinTransporte. ViceMinistro de Infraestructura

4.1. Contexto Institucional: Políticas Nacionales y Compromisos Internacionales

La arquitectura de los acuerdos internacionales sobre el cambio climático está facilitando mayores oportunidades para atraer financiación para las inversiones basadas en los lineamientos de mitigación y adaptación. Por eso, es fundamental que las autoridades locales puedan tener victorias tempranas que evidencien un nuevo enfoque de planificación de la movilidad con criterios de mitigación y adaptación, y que simultáneamente se embarquen en la planificación de proyectos de mediano y largo plazo que permitan cumplir metas más ambiciosas y modificar los patrones locales de desarrollo de forma asertiva, esto último con el acompañamiento técnico y financiero del gobierno nacional y la comunidad internacional.



Fig. 37 - Vehículo 100 % eléctrico, ejemplo de apuesta ambiciosa para cumplir compromisos ambientales. Fuente: ISOIN

A nivel internacional, las necesidades de coordinar las acciones para hacer frente al aumento de las emisiones de GEI, así como definir medidas para contrarrestar sus impactos sobre las actividades humanas, derivaron en la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en 1992, adoptada por Colombia mediante la Ley 164 de 1994.

Desde que la CMNUCC entró en vigor, los países que han ratificado y adoptado el tratado se han reunido anualmente en la denominada Conferencia sobre el Cambio Climático (COP), cuyo objetivo es impulsar y supervisar la aplicación y continuar las deliberaciones sobre las formas más eficientes de luchar contra el cambio climático.

La primera COP se llevó a cabo en la ciudad de Berlín y fue el punto inicial en la implementación de la Conferencia de las Partes. El primer gran hito de la COP fue la concreción del Protocolo de Kioto en la COP 3, que entró en vigor a partir de la COP de Montreal en 2005, en el marco del cual se definen los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). En 2007 se adopta la Hoja de Ruta de Bali en la COP 13, basada en cuatro grandes pilares, que son *Mitigación*, *Adaptación*, *Tecnologías* y *Financiamiento*, incluyendo dos Planes de Acción. El primero de ellos que involucra una visión compartida sobre la reducción de emisiones provenientes de la deforestación y la degradación de bosques (REDD+) y la segunda de ellas respecto al desarrollo de NAMAs. De manera más reciente, en el año 2015 se han establecido las bases para

el acuerdo post-Protocolo de Kioto en la COP 21 de París, que se encaminan a proseguir con las directrices marcadas para la reducción del impacto antropogénico sobre el cambio climático.

En el ámbito Nacional, tras la ratificación del Protocolo en el año 2000, en los años 2003 y 2004 se expidió el marco regulatorio para el desarrollo de los proyectos MDL como parte de la estrategia de promoción de la reducción de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de GEI. En tal sentido, se expidió el Documento CONPES 3242

“Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático”, que buscaba promover la incursión competitiva de Colombia en el mercado internacional de reducciones verificadas de emisiones de GEI. A partir de 2010 se han adoptado lineamientos de política y normas para dinamizar la agenda local de cambio climático, en donde cabe destacar los Planes Nacionales de Desarrollo 2010-2014 y 2014-2018, la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y el Plan Nacional de Adaptación de Cambio Climático.

En la tabla siguiente se muestra de forma cronológica la articulación entre los compromisos internacionales derivados de la CMNUCC y la incorporación de los mismos en el marco Nacional dentro de la estructura normativa y de política pública nacional de lucha contra el cambio climático.

MARCO INTERNACIONAL		MARCO NACIONAL
NUEVA YORK Adopción de la CMNUCC	1992	
Entra en vigor la CMNUCC	1994	LEY 164 de 1994 Adopción de la CMNUCC
COP 1 - BERLÍN Implementación de la Conferencia sobre el Cambio Climático (COP)	1995	
COP 3 - KIOTO Protocolo de Kioto Definición de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)	1997	
	2000	LEY 629 de 2000 Ratificación del Protocolo de Kioto en Colombia
	2001	1ª COMUNICACIÓN de Cambio Climático de Colombia Inventario Nacional de GEI (1990 y 1994)
	2002	Lineamientos de la Política Nacional de Cambio Climático
	2003	CONPES 3242 Promover proyectos elegibles MDL
	2004	RESOLUCIÓN 0453 Proceso de aprobación de MDL
COP 11 - MONTREAL Entra en vigor el Protocolo de Kioto	2005	
COP 13 - BALI Hoja de Ruta de Bali Pilares: <i>Mitigación, Adaptación, Tecnologías y Financiamiento</i> Plan de Acción: <i>NAMAs y REDD+</i>	2007	

COP 15 – COPENHAGUE Acuerdo de creación del "Fondo Verde del Clima" y Financiación REDD+	2009	Inventario Nacional de GEI (2000 y 2004) RESOLUCIÓN 551 y 552 modifica RESOLUCIÓN 453
COP 16 – CANCÚN Creación registros NAMAs	2010	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2010-2014 (PND) Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE) 2ª COMUNICACIÓN de Cambio Climático de Colombia RESOLUCIÓN 2733 y 2734 modifica RESOLUCIÓN 0453
	2011	CONPES 3700 Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) Plan Nacional de Adaptación de Cambio Climático (PNACC) Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA) Inicio REDD+
	2012	Formulación de ECDBC Inicio del PNACC
COP 20 – LIMA Llamado de Lima a la Acción Climática (iNDC)	2011	LEY 1753 DE 2015 3ª COMUNICACIÓN de Cambio Climático de Colombia Implementación de ECDBC y PNACC
COP 21 – PARÍS Acuerdo post-Protocolo de Kioto	2015	Implementación PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2014-2018 (PND)

Tabla 29 - Cronología de la articulación de compromisos internacionales (CMNUCC) y el marco Nacional. Fuente: ISOIN

Lo anterior demuestra que Colombia entiende el impacto negativo del cambio climático y se ha comprometido internacionalmente para combatirlo. En la práctica, este compromiso se materializó en el reciente Acuerdo de París en el marco del cual el país presentó oficialmente en septiembre de 2015 su "Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional" (iNDC por sus siglas en inglés – Intended Nationally Determined Contributions) que representa las metas de reducción de emisiones GEI que los países ofrecen al mundo, junto con los objetivos de adaptación y los medios de implementación, para alcanzar la meta de un aumento máximo de 2°C en la temperatura promedio del planeta. Destacar que tras la aprobación del acuerdo post-protocolo de Kioto en la COP 21 de París, las iNDC dejan de ser "intenciones", para convertirse en "contribuciones determinadas", pasando a denominarse como NDC (Contribuciones Determinadas a nivel Nacional).

En el documento contribución (incluido en el soporte digital), la República de Colombia se compromete a reducir sus emisiones de gases efecto invernadero en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030. Sujeto a la provisión de apoyo internacional, el país podría aumentar su ambición para pasar de una reducción del 20% hasta una del 30%. Esta meta fue construida desde el año 2012, en el marco de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, apoyados en análisis técnicos y espacios de diálogo en donde expertos de entidades públicas, privadas, la academia y la sociedad civil, identificaron y priorizaron medidas de mitigación alineadas con objetivos de desarrollo sectorial.

En materia de adaptación, la iNDC de Colombia presenta el siguiente listado de acciones prioritarias, en aras de direccionar el desarrollo hacia una economía, sociedad y ecosistemas resilientes a los impactos del cambio climático:

1. 100% del territorio Nacional cubierto con planes de cambio climático formulados y en implementación.

2. Un Sistema Nacional de Indicadores de adaptación que permita monitorear y evaluar la implementación de medidas de adaptación.
3. Las cuencas prioritarias del país contarán con instrumentos de manejo del recurso hídrico con consideraciones de variabilidad y cambio climático.
4. Seis sectores prioritarios de la economía (transporte, energía, agricultura, vivienda, salud, comercio, turismo e industria) incluirán consideraciones de cambio climático en sus instrumentos de planificación y estarán implementando acciones de adaptación innovadoras.
5. Fortalecimiento de la Estrategia de sensibilización, formación y educación a públicos sobre cambio climático, enfocada en los diferentes actores de la sociedad colombiana.
6. Delimitación y protección de los 36 complejos de páramos que tiene Colombia (aproximadamente 3 millones de hectáreas).
7. Aumento en más de 2.5 millones de hectáreas en cobertura de nuevas áreas protegidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), en coordinación con actores locales y regionales.
8. Inclusión de consideraciones de cambio climático en Proyectos de Interés Nacional y Estratégicos (PINES).
9. Los 10 gremios del sector agrícola como el arrocero, cafetero, ganadero y silvopastoril, con capacidades de adaptarse adecuadamente al cambio y variabilidad climática.
10. Los 15 departamentos del país participando en las mesas técnicas agroclimáticas, articuladas con la mesa nacional y 1 millón de productores recibiendo información agroclimática para facilitar la toma de decisiones en actividades agropecuarias.

Para implementar las acciones que permitan cumplir los objetivos de mitigación y desarrollo resiliente, Colombia definió en su documento de contribución una serie de medios de implementación, entre los cuales se destacan los siguientes:

1. Una estrategia con redes de universidades y grupos de investigación en temáticas relacionadas con las principales metas propuestas como parte de las contribuciones de mitigación y adaptación.
2. La formación de clústeres de innovación en cambio climático, a través de la promoción de inversión privada, alianzas público-privadas e inversión extranjera directa, con especial énfasis en la investigación científica y la transferencia de conocimiento y tecnología.
3. Compartir conocimiento de valor con países en desarrollo como parte de su iNDC, en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, a la medida de las capacidades del país, especialmente atendiendo la demanda de la región de América Latina y el Caribe.
4. Articulación del Gobierno Nacional con los gobiernos regionales y locales, en la escala sub-nacional, para la formulación e implementación, a mediano y largo plazo, de planes integrales de cambio climático que impulsen ciudades sostenibles y competitivas.

En este sentido, se está trabajando en la articulación del Gobierno Nacional con los Gobiernos Regionales y Locales para la formulación e implementación, a mediano y largo plazo, de planes de cambio climático que impulsen ciudades sostenibles y competitivas, en lo cual se trabaja mancomunadamente con el sector financiero.

En primera instancia, para que las autoridades locales logren formular medidas de mitigación y adaptación viables es fundamental armonizar las propuestas de actuación con las políticas nacionales y con los instrumentos de planificación y regulación local en materia de medio ambiente y transporte, como por ejemplo los Planes de Ordenamiento Territorial, los Planes Municipales y Departamentales de Desarrollo, los Planes de Movilidad y los programas de control de contaminación liderados por autoridades ambientales locales (secretarías de ambiente, departamentos administrativos de gestión ambiental, corporaciones autónomas regionales, etc.).

Algunos de los programas y políticas puestos en marcha por parte del Gobierno Colombiano que deben tomarse como referencia son los enumerados a continuación, que se presentan con más detalle en forma de fichas descriptivas individuales en el Anexo *Fichas de Políticas sobre Cambio Climático*.

- » Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (PND) "Todos Por Un Nuevo País".
- » Programa de Uso Racional Y Eficiente de Energía (PROURE).
- » Plan Nacional de Adaptación de Cambio Climático (PNACC).
- » Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDDBC).
- » Planes de Acción Sectorial de Mitigación (PAS).
- » Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (ENREDD+).
- » Estrategia Nacional de Educación, Formación Y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático.
- » Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (PPCCA).
- » Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA).

Específicamente en el marco del **Sector Transporte**, las políticas, planes, programas y proyectos locales en materia de movilidad urbana deberán incorporar los siguientes lineamientos para minimizar las emisiones y maximizar la resiliencia de los sistemas de transporte:

Planificación del transporte y uso del suelo

Garantizar un uso efectivo del suelo a través de un adecuado ordenamiento territorial que promueva un modelo de ciudad diversa, compacta, integrada regionalmente y accesible que permita un consumo eficiente de energía. La planificación del uso del suelo es muy importante pues permite reducir los tiempos e impactos del desplazamiento vehicular, hace más eficiente el uso de espacio público, se reduce el uso de la energía, y se mejora sustancialmente la salud y la calidad de vida de las personas al reservar espacios estratégicos de valor ecosistémico y sociocultural que no sucumban ante patrones de crecimiento desordenado.



Fig. 38 - Autobuses de Transmilenio en el portal del norte de Bogotá.
Fuente: ISOIN

Infraestructura vial inteligente

Formular e implementar proyectos de mejoramientos de infraestructura vial de bajo costo y la estructuración de estrategias de limitación de tráfico (peajes urbanos, por ejemplo) en atención a la recomendación C(74)218 del Consejo de Política Ambiental de la OCDE es uno de los grandes retos. Esto implica que las ciudades deberán priorizar soluciones enfocadas en peatones, ciclistas y usuarios de transporte público que se encuentren alineadas con conceptos como el de Urbanismo Táctico, por sobre mega-obras de infraestructura (pasos a desnivel y ampliación de calzadas, por ejemplo) que a la postre no implican un mejoramiento sustancial de la calidad de vida de los ciudadanos y en la eficiencia energética de los sistemas de movilidad urbana. Simultáneamente, la infraestructura existente debe apoyarse en las tecnologías de la información y comunicaciones para implementar sistemas de información al ciudadano y de control y sanción que permitan gestionar adecuadamente la demanda de viajes en una ciudad.

Vehículos limpios

Favorecer el cambio a vehículos limpios (vehículos eléctricos, vehículos de hidrógeno, etc.) con políticas que integren en el parque vehicular en uso, una planificación efectiva que se anticipe y acompañe estímulos (tributarios, precios, controles, etc.) para el cambio a un parque vehicular de última generación. Simultáneamente, este marco de incentivos debe estar acompañado del fortalecimiento de sistemas de control, inspección y vigilancia que permitan propender por el cumplimiento de las normativas nacionales y locales asociadas a la emisión de contaminantes atmosféricos, de eficiencia energética y de seguridad de los vehículos.

Logística y carga urbana

Desarrollar herramientas de planificación urbana, tal y como se evidencia su necesidad en el documento Conpes 3547 (Política Nacional Logística), que orienten a los entes municipales en la formulación de planes logísticos de manejo de la carga que permitan entre otros, identificar las necesidades de mejoramiento de infraestructura, equipamientos urbanos que faciliten su manejo y el establecimiento de medidas de control de tránsito y tráfico para la optimización del uso de la infraestructura instalada, regulación y señalización de zonas de cargue y descargue incluyendo limitación de tráfico urbano de acuerdo con pesos brutos vehiculares y horarios de operación, regulación de cargues y descargue nocturno.

Movilidad activa (bicicletas y peatones)

Desincentivar el modelo de favorecer el uso de vehículos motorizados individuales en favor de incentivar el uso de medios de transporte activos y sustentables, como son la bicicleta y los desplazamientos a pie, con políticas de mejora y fomento del uso de infraestructuras y servicios destinados a favorecer la movilidad peatonal y ciclista, incrementando la seguridad en puntos clave del viario, como son los cruces de vías (puentes peatonales, cebras, carriles bici, etc.), e incrementando la accesibilidad a centros atractores de desplazamientos (zonas industriales y de negocio, de esparcimiento, centros comerciales, etc.).

Gestión de demanda de transportes

Las tendencias pasadas en la gestión del transporte vehicular ha consistido en ofrecer bienes públicos y servicios a un precio despreciable (vías, parqueaderos, combustibles, etc.), lo que ha originado que los ciudadanos den un uso irracional y en exceso al uso del vehículo particular, por lo que es un reto considerar políticas de gestión de la demanda por parte de las autoridades locales que permitan guiar hacia un uso más racional de los vehículos motorizados, como por ejemplo aplicando medidas de peajes urbanos, administración de parqueo en vía y fuera de vía, incluyendo sobretasas a parqueaderos y combustibles, etc., con el fin de minimizar los desplazamientos en carro particular.

Educación

Políticas de acompañamiento de socialización y educación ciudadana asociadas a cualquier plan, programa o proyecto local en materia de movilidad urbana, con el fin de que la ciudadanía (conductores, ciclistas, peatones, etc.) asimile los nuevos comportamientos cuando se formulan y ponen en marcha nuevos proyectos. La persistencia en estas políticas de acompañamientos son indispensables, por ejemplo en campañas masivas de información, si bien, el mayor éxito se alcanza logrando formar los nuevos valores de conducta desde las aulas escolares, de ahí la importancia de que se contemple la movilidad urbana y el comportamiento ciudadano en las políticas de educación escolar.

Estas orientaciones ya están dadas, entre otros, en los siguientes documentos de política, los cuales se encuentran también en el soporte digital de esta guía:

- » Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo.²⁹
- » Política Nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia.
- » Lineamientos para optimizar la política de desarrollo urbano.
- » Política Nacional de Espacio público.
- » Lineamientos de Política para la Recuperación de los Centros Históricos de Colombia.
- » Política Nacional Logística.

Cobra especial importancia el sentar unas buenas bases institucionales a nivel Nacional, que por un lado estén alineadas y comprometidas dentro del marco del contexto Internacional de lucha contra el cambio climático, y que por otro lado, y no menos importante, establezcan un nivel de integración y coordinación con las autoridades locales con el fin último de articular planes, programas y proyectos concretos a nivel regional y local para minimizar el impacto ambiental.

De esta forma, las políticas, estrategias y planes locales relacionados con el cambio climático deben establecerse desde el punto de vista de la Integralidad con las directrices Nacionales. Esta integralidad incluye coherencia y consistencia con el tratamiento de las actuaciones involucradas en cada una de las políticas. En esta línea, en el apartado siguiente se muestra el proceso recomendado a seguir por las autoridades locales para la formulación y estructuración de proyectos de cambio climático.

4.2. Proceso de Formulación de Proyectos

Antes de iniciar el proceso de formulación de proyectos, es muy recomendable por parte de las autoridades locales el conocer el contexto institucional a todos los niveles que aplique al sector de transporte urbano (nivel Nacional, Regional y Local), ya que dicho contexto influirá enormemente en la aplicación de Normas, Políticas, Incentivos, Regulaciones, etc. A partir de ahí, una vez definido un plan con un marco institucional y temporal claro, debe implementarse con proyectos y medidas concretas estructuradas desde el entendimiento, con base en un proceso metodológico en la formulación de los mismos.

²⁹ - Instrumentada y viabilizada a través de 15 proyectos aprobados por el Consejo de Política Económica y Social (Conpes) de Colombia en 16 ciudades del país: Armenia, Barranquilla, Bogotá, Cali, Cartagena, Envigado, Itagüí, Medellín, Montería, Neiva, Pereira, Popayán, Pasto, Santa Marta, Sincelejo, Soacha, y Valledupar. Los documentos técnicos que respaldan estos proyectos pueden encontrarse en el soporte digital.



Fig. 39 - Reunión de planificación. Fuente: ISOIN

A pesar de que la estructuración de proyectos no depende necesariamente de la existencia de un plan o programa de mayor jerarquía, es importante preparar el terreno institucional para que los esfuerzos de lucha contra el cambio climático sean de largo aliento y cuenten con recursos normativos, técnicos e institucionales que trasciendan gobiernos de distintas personas.

Por eso, en el numeral anterior se ofrecieron orientaciones para que las autoridades locales puedan definir planes, programas o proyectos coherentes con las políticas nacionales y con los compromisos internacionales de lucha contra el cambio climático. En este numeral, por su parte, se brindan unas directrices básicas para que los Gobiernos Locales puedan realizar la estructuración de proyectos de mitigación y adaptación de cambio climático que resulten coherentes con la idiosincrasia social, cultural y política local, y que permitan cumplir con metas locales de crecimiento verde. Esto, partiendo de una metodología conceptual que se ilustra en la siguiente figura y que se describe con mayor nivel de detalle en los consecutivos apartados que componen el capítulo:

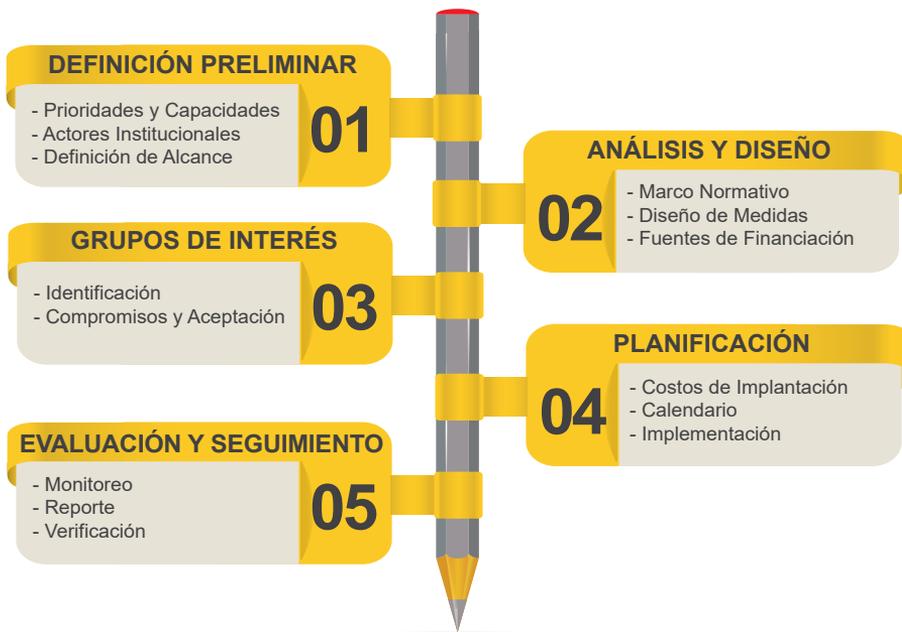


Fig. 40 - Proceso de formulación de proyectos de cambio climático. Fuente: ISOIN

4.2.1. Definición Preliminar

Como primer paso en la estructuración de un plan, programa o proyecto concreto sobre cambio climático, ya sea de mitigación o de adaptación, se recomienda que la autoridad local defina una serie de aspectos previos, que pueden ser los siguientes:

Prioridades y Capacidades

El punto de partida para la estructuración de proyectos específicos a nivel local es que los formuladores tengan identificados, tal y como se resalta en el numeral anterior, los Lineamientos generales de las entidades Nacionales en materia de cambio climático, así como las actividades y planes que estén siendo desarrolladas por el Gobierno Nacional o administraciones regionales, que serán un insumo relevante para la formulación de proyectos locales que involucren medidas de mitigación o adaptación al cambio climático y que estén alineadas con los objetivos y metas a nivel Nacional.

 MINTRANSPORTE	 MINAMBIENTE
<ol style="list-style-type: none">1. Contar con un sistema logístico nacional de carga que integre las cadenas de abastecimiento y que promueva la intermodalidad.2. Apoyar la implementación de sistemas de transporte público integrados que mejoren la movilidad en las ciudades.3. Fortalecer sistemas de recolección de información para agilizar trámites y procesos en materia de tránsito y transporte.4. Apoyar y promover la renovación/desintegración del parque automotor de carga.5. Reducir el número de fatalidades anuales causadas por accidentes de tránsito.6. Promover proyectos de transporte sostenible mediante la incorporación y fortalecimiento de componentes ambientales en los proyectos.7. Aumentar la competitividad de las ciudades mediante estrategias integrales de movilidad, que promuevan soluciones eficientes y sostenibles.	<ol style="list-style-type: none">1. Vías que cumplan estándares de seguridad, eficiencia y mínimo impacto ambiental.2. Diversidad de modos de transporte.3. Mecanismos que estimulen renovación tecnológica del parque automotor.4. Producción de combustibles limpios que cumplan requerimientos del parque vehicular.5. Mecanismos que estimulen el desarrollo de sistemas de transporte masivo de calidad.6. Programas de inducción de uso racional de vehículos particulares y de promoción de medios no motorizados.7. Planificación del uso del suelo, asentamientos urbanos e industriales buscando minimizar los desplazamientos de cargas y pasajeros.8. Mecanismos efectivos de inspección y mantenimiento.9. Regulación y control.

Fig. 41 - Lineamientos Sector Transporte de MinTransporte y MinAmbiente. Fuente: Lineamientos MinTransporte: Caso de Estudio Sector Transporte del Programa Desarrollo Resiliente Bajo en Carbono de USAID; Lineamientos MinAmbiente: Lineamientos de Política Energética en el marco del Sector Transporte de MADS

Los principales Lineamientos para la consecución de objetivos sectoriales en el Transporte definidos por parte del Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente, que se presentan en la página anterior, ofrecen un primer pilar sobre el que definir las prioridades locales, que variarán en función de las problemáticas concretas de cada ciudad o región, de forma que las prioridades a nivel local estén alineadas con ellos en la medida de lo posible.

A continuación, la autoridad local debe definir y tener claras sus capacidades en lo referente a la formulación de proyectos de cambio climático. Para ello, se deben identificar los recursos humanos, físicos, tecnológicos y económicos de que se disponen, lo que facilitará pasos posteriores de identificación de necesidades técnicas y financieras.

Actores Institucionales

Relacionado con el aspecto anterior, la autoridad local debe identificar y enumerar otros actores institucionales, tanto públicos como privados, que podrán compartir responsabilidades en la formulación, desarrollo y ejecución del proyecto. Es fundamental en este sentido compilar y analizar la información que permita establecer de forma clara y precisa las competencias y capacidades institucionales a nivel gubernamental para atender a la contribución del proyecto de mitigación o adaptación. Para identificar potenciales responsables que puedan ayudar en la formulación del proyecto, en la figura siguiente se muestran unos criterios esenciales para identificar actores:



Fig. 42 - Criterios para identificar actores institucionales relevantes. Fuente: ISOIN

Definición de Alcance de la Actividad de Proyecto

La formulación de planes, programas o proyectos de cambio climático debe incluir de manera explícita la intencionalidad de reducción de emisiones de GEI o la mejora en la adaptación para hacer menos severos los efectos del cambio climático en la ciudad.

Esta intención debe plasmarse con la **documentación de objetivos** concretos de mitigación o adaptación que se pretenden lograr, los cuales deberán ser establecidos de forma precisa (que tengan una meta clara), tangible (que permitan medir resultados), real (que puedan ser ejecutados y comprobados) y pertinente (que atiendan las condiciones específicas de la problemática de la ciudad), estableciendo posteriormente una relación entre objetivos y propuesta de actividad del proyecto que permitirá alcanzarlos.

Para las **propuestas de actividad**, la autoridad local debe considerar una batería inicial de medidas puntuales o integrales que puedan ser definidas como medio para que el proyecto logre los objetivos marcados, recomendándose realizar una clasificación o priorización con las posibles alternativas de medidas de actuación en función de su efectividad contra el cambio climático. La Guía ofrece en el Capítulo 2 las directrices para seleccionar y priorizar medidas de mitigación y en el Capítulo 3 las directrices para identificar y seleccionar medidas de adaptación.

4.2.2. Análisis y Diseño

Tras el análisis preliminar, en la segunda etapa del proceso de formulación de proyectos de cambio climático debe abordarse el análisis y diseño de las medidas específicas en el ámbito local que involucrará el proyecto, y que debe considerar desde las especificaciones normativas y técnicas hasta las especificaciones de posibles líneas de financiación necesarias:

Marco Normativo

El marco normativo Nacional puede llegar a tener un fuerte impacto en el diseño de las actividades del proyecto, como por ejemplo limitando su ámbito de acción y alcance o favoreciendo su implantación, por lo que debe realizarse un trabajo de identificación de las normas ambientales y del sector transporte y su relación con las medidas contempladas en la **actividad del proyecto**. En el *Anexo Fichas de Políticas sobre Cambio Climático*, se incluye una ficha concreta con un listado y breve descripción de algunas normativas, planes y documentos de interés.

Diseño de Medidas

Para cada actividad del proyecto, la autoridad local debe realizar una descripción técnica de las medidas de mitigación y adaptación incluidas. Al tratarse de proyectos de cambio climático, deben añadirse criterios adicionales en su diseño respecto a proyectos clásicos que no incorporan aspectos medio ambientales, recomendándose incluir los siguientes:

- » **Límite:** Delimitar el alcance de las medidas a ser desarrolladas, incluyendo el área de influencia, su temporalidad de implantación y los recursos técnicos y materiales requeridos.
- » **Cumplimiento normativo ambiental:** Se debe establecer de manera clara en el diseño de las medidas la forma en la que se dará cumplimiento al marco normativo de aplicación, no sólo respecto a las normativas y regulaciones sectoriales del transporte, sino a las normativas de carácter ambiental.
- » **Integración con Políticas Nacionales:** Presentando la coherencia de las medidas del proyecto con respecto a las Políticas de cambio climático desarrolladas a nivel Nacional.
- » **Vulnerabilidad y riesgo:** En el caso de contemplar medidas de adaptación, será necesario un análisis para calcular el grado de vulnerabilidad y el índice de riesgo, aplicando las metodologías descritas en el Capítulo 3 de la presente Guía, con el objetivo de presentar de forma cualitativa el impacto de la medida en la vulnerabilidad y el riesgo.

» **Cuantificación de emisiones:** En el caso de contemplar medidas de mitigación, será necesario seleccionar una metodología de cálculo para estimar la reducción de emisiones de GEI con la aplicación de la medida (en el Capítulo 2 de la presente Guía se presentan diversas metodologías de cálculo que permiten justificar la elección del método de cálculo óptimo según sea el caso). En la estimación de emisiones es necesario definir una línea de base o escenario tendencial, que deberá ser claro y realista, y que permita la recopilación de todos los datos necesarios para el cálculo de reducción de emisiones debidas a la aplicación de la medida. Esta reducción puede establecerse como la diferencia existente entre las emisiones calculadas en el escenario de línea base o escenario tendencial y las emisiones que se tendrían en el escenario hipotético de implementación de la actividad del proyecto propuesto.

» **Beneficios:** Un último aspecto que debe considerarse es identificar y documentar los beneficios derivados de la implementación que puedan tener un impacto significativo con respecto a un cambio transformacional a nivel social, económico y ambiental en el entorno urbano. En la tabla siguiente se muestra una posible estructuración de criterios a considerar para identificar beneficios por ámbito de impacto:

ÁMBITO DEL IMPACTO	DESCRIPCIÓN	CRITERIOS A CONSIDERAR PARA IDENTIFICAR BENEFICIOS
SOCIAL	<i>Aspectos que afecten al desarrollo de comunidades o grupos sociales</i>	Empleo Seguridad vial Educación y concienciación Salud y bienestar ciudadano
ECONÓMICO	<i>Aspectos que afecten a las actividades económicas de la ciudad</i>	Crecimiento económico Balances económicos Tecnologías verdes
AMBIENTAL	<i>Aspectos que afecten de forma directa en la mitigación o adaptación al cambio climático</i>	Emisiones GEI Vulnerabilidad Riesgo

Tabla 30 - Criterios a considerar para identificar beneficios. Fuente: Elaboración propia con base en *Guide for the Formulation and Evaluation of Low Carbon Development Projects*, ICONTEC

Fuentes de financiación

Una vez se tienen diseñadas las medidas en el marco del proyecto, los formuladores deben analizar las vías de financiación de cambio climático disponibles a nivel nacional e internacional y que puedan hacer uso de ellas, con el fin de establecer las alternativas existentes para la puesta en marcha de las medidas en el caso de que no se dispongan de los recursos económicos suficientes.

Se recomienda realizar un seguimiento continuo de los diversos instrumentos y fondos de cambio climático, a nivel internacional o nacional, que faciliten su articulación a nivel municipal, y analizar su capacidad de ajustarse a las medidas definidas. La estrategia de financiación y la selección de instrumentos que se ajusten de forma muy específica a las necesidades locales es un aspecto crucial y que permitirá maximizar los objetivos en la implementación. La definición final de la aplicación de una estrategia de financiación concreta vendrá determinada por los costos finales de implementación, cuyo establecimiento se describe en el apartado 4.2.4. más adelante en este mismo numeral.

Por último, en el apartado 4.3. se muestra una visión más detallada de las posibles fuentes de financiación, presentando una serie de instrumentos concretos y fondos de cambio climático donde las autoridades locales pueden obtener financiación para la puesta en marcha de sus programas definidos:

- » Instrumentos públicos de financiamiento.
- » Mecanismo de desarrollo limpio (MDL).
- » Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMAs).
- » Fondos internacionales de financiamiento climático.

4.2.3. Grupos de Interés

La experiencia de muchas ciudades muestra que la responsabilidad para la implementación de políticas y medidas de mitigación y adaptación es mejor compartirla entre los sectores privado y público, así como entre los niveles nacional y local, involucrando por tanto un gran número de actores en la cadena, no solo en la fase de articulación, definición preliminar y diseño, sino en la propia ejecución y el seguimiento de las mismas.

Este punto es especialmente crítico cuando se trata de la aplicación de medidas que sean poco populares, como pueden ser todas aquellas de mitigación que tienen el objetivo de poner barreras a la movilidad en carro particular, donde es recomendable no aplicar medidas aisladas, sino con acciones complementarias que mejoren por ejemplo el desplazamiento en transporte público.

De esta forma, con la involucración de todos los actores y usuarios puede conseguirse un mejor compromiso entre eficacia de la medida y la aceptación de la puesta en marcha.

Identificación

Es importante que para cada una de las medidas de lucha contra el cambio climático se estructuren mapas de actores que permitan identificar potenciales aliados y grupos de interés contradictorios, y que permitan además la estructuración de veedurías ciudadanas o comités de implementación que velen por el cumplimiento de las metas de mitigación y adaptación.

Sin duda, uno de los mayores desafíos para enfrentar el cambio climático consiste en la mejora de la coordinación interinstitucional (tanto a nivel local como a nivel nacional), con el fin de coadyuvar de manera sinérgica con las capacidades técnicas, financieras y de personal, sin olvidar la participación de los ciudadanos en el proceso de implementación



La Tabla siguiente ofrece una visión general de los diferentes actores en un sistema de transporte urbano, tanto a nivel local como a nivel nacional e internacional, y que habría que tener en cuenta para identificar grupos de usuarios que permitan compartir responsabilidades y ayudar a una implementación con garantías totales de éxito. Estos grupos de usuarios son:

- » **Actores Responsables**, que corresponden a las instituciones políticas y administrativas responsables de la toma de decisiones a todos los niveles, y que determinan o influyen de manera directa en la configuración del sistema de transporte urbano, que se identificarán en la etapa de Definición Preliminar de la formulación del proyecto (ver apartado 4.2.1.).

» *Actores Complementarios*, que son los grupos que no tienen poder de decisión a nivel político o que están involucrados de manera directa en las medidas, por lo que pueden contribuir significativamente a la eficiencia del sistema de transporte local.

Por ejemplo, los ministerios nacionales, los departamentos municipales locales y los operadores de transporte público conforman el sistema de transporte público a través de su estratégica planificación, reglamentos y disposiciones de infraestructura y servicios.

» *Ciudadanos*, que finalmente serán los usuarios finales y que deben ser tenidos en cuenta, principalmente para evaluar el nivel de aceptación de la ciudadanía.

ACTORES Y USUARIOS	NIVEL LOCAL	NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL
<p>Actores Responsables Instituciones políticas y administrativas responsables de la toma de decisiones, que determinan o influyen de manera directa en la configuración</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades locales • Alcaldías • Secretarías de Gestión de Transporte Urbano • Secretarías de Planificación Urbana • Secretarías Financieras y Económicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades nacionales • Ministerios de Transporte • Ministerios de Ambiente • Ministerios de Energía • Ministerios de Infraestructuras y Planeación • Ministerios de Economía • Ministerios de Tecnología
<p>Actores Complementarios Grupos que no tienen poder de decisión a nivel político, pero que sin embargo pueden contribuir significativamente a la eficiencia del sistema de transporte local</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Otras instituciones municipales • Operadores transporte público • ONGs • Inversores privados • Empresas • Proveedores de información de transporte (Social media) 	<ul style="list-style-type: none"> • Instituciones de financiamiento internacional • Bancos • Fundaciones • ONGs • Fabricantes de vehículos • Productores de combustible • Instituciones de investigación
<p>Ciudadanos - El papel de los ciudadanos, tanto relacionados con los propios viajeros como con las empresas de logística y transporte urbano, no deben ser ignorados. Sin embargo, estos actores sólo influyen en la política y la planificación indirectamente</p>		

Tabla 31 - Visión general de los diferentes actores en un sistema de transporte urbano. Fuente: Elaboración propia con base en GIZ - Urban Transport and Energy Efficiency

Una vez identificados los grupos, es importante establecer un proceso de gestión de la participación de cada uno de ellos durante la formulación del proyecto. Para lograr una participación efectiva de los grupos de interés identificados deben considerarse los siguientes elementos:

- » Incluir a las personas adecuadas de cada grupo, estableciendo el sentido de su participación, sus intereses particulares y el alcance de su intervención.
- » Definir los riesgos asociados a su exclusión en el desarrollo del proyecto.
- » Propiciar una aproximación personalizada en función de las necesidades, conocimiento, poder, recursos e influencia del grupo de interés.
- » Gestionar las expectativas del grupo de interés en función de su nivel de influencia en el marco de la formulación del proyecto.
- » Usar la participación de los grupos de forma eficaz, extrayendo la mayor cantidad y calidad de información para enriquecer el proceso de formulación.

Compromisos y Aceptación

La aplicación de metodologías participativas (consultas) es fundamental en la definición de las estrategias y planes, que facilite la implementación de las acciones incluidas en las mismas, como por ejemplo mediante la puesta en marcha de talleres, sesiones de trabajo y de diálogo con expertos de entidades públicas, privadas, académicos, asociaciones y ciudadanos. Esta participación se recomienda que involucre la consulta previa e informada de las características del proyecto y la participación activa en todas las fases del desarrollo.

Se recomienda establecer unos procedimientos claros para la recolección de observaciones y comentarios de los grupos de interés, que considere mecanismos de consulta adecuados, incluyendo reuniones, encuestas y comunicaciones por medios físicos y electrónicos.

También requiere especial mención la problemática que atañe la formulación de proyectos de cambio climático, ya que a menudo los formuladores a la hora de configurar actividades de proyectos

se enfrentan al compromiso entre la eficacia y la aceptación de las medidas de mitigación y adaptación que se requiere implementar.

Un factor importante es el análisis del “sí” y “cómo”, donde el Gobierno Local debe involucrar a todas las partes interesadas, siendo fundamental el compartir responsabilidades entre actores y usuarios para la consecución del éxito en la futura implantación de las medidas, y que sean convenientemente aceptadas por parte de toda la sociedad.

Como ejemplo citar que algunas medidas de mitigación, tales como el aumento de impuestos en combustibles convencionales o la eliminación de aparcamientos o la reducción de límites de velocidad, son por lo general medidas poco populares, por lo que de forma previa a la implantación debe llegarse a un acuerdo entre eficacia de la medida y la aceptación social y de las entidades responsables. En este marco, el éxito dependerá de la involucración de todos los actores y el compartir las responsabilidades entre usuarios.

4.2.4. Planificación de Implementación

Tras la identificación de los grupos de interés, es necesario realizar la planificación de la implementación del proyecto, donde se deben consignar el conjunto de recursos, plazos, estrategias de financiación y gestión de actores relevantes y grupos de interés para el desarrollo del proyecto de cambio climático.

Costos de Implantación

De forma previa a la implementación, es pertinente realizar una evaluación detallada de los costos del proyecto, incluyendo los costos ambientales que no son considerados en proyectos convencionales. En la tabla siguiente se muestra una recomendación de los elementos a ser considerados:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Costos de Formulación	Trabajos previos: consultorías, diseño y desarrollo de documentación para la estructuración del proyecto.
Costos de Implementación	Actividades para la implementación de las medidas de mitigación y adaptación: servicios, desarrollos, infraestructuras, gestión, materiales, capacitación, etc.
Costos Ambientales	Seguimiento y evaluación: costos relacionados con el control ambiental tras la ejecución del proyecto.

Tabla 32 - Elementos a ser considerados en la estructura de costos. Fuente: Elaboración propia con base en *Guide for the Formulation and Evaluation of Low Carbon Development Projects*, ICONTEC

Con los costos definidos se podrá discernir si la autoridad local cuenta con los recursos suficientes para la implantación de la medida, o si será necesario establecer vías alternativas de financiación. Se recomienda emplear mecanismos de financiación locales (instituciones públicas, inversión privada, etc.) para costos menores por el rápido retorno de la inversión y emplear mecanismos de financiación internacionales (programas bilaterales o multilaterales, fondos, etc.) para costos mayores con intervenciones a largo plazo.

Calendario

Los plazos de realización y duración deben ser cuidadosamente planificados, incluyendo un potencial análisis de riesgos asociados a la ejecución, donde se planifique el calendario que permita acotar la duración y el alcance de las actuaciones específicas.

Como los programas de cambio climático suelen englobar varios grupos de medidas, las estrategias de implementación deben estructurarse en varios horizontes temporales (corto plazo, medio plazo y largo plazo), donde un aspecto a evaluar en la decisión es la temporalidad del presupuesto y financiación disponible, teniendo en consideración que los incentivos no deberían aplicarse en paralelo sino paulatinamente y en orden, para no generar unos impactos fuertes y efímeros. Esta estrategia es la opción menos arriesgada, especialmente, para los incentivos financieros o, en el caso de regulaciones onerosas, ya que "las inversiones" se hacen en etapas y no de una vez. De esta manera, los legisladores y responsables de la normativa o política pueden comprobar el progreso en la introducción al mercado antes de comenzar con nuevas inversiones.

Implementación

A la hora de poner en práctica las medidas formuladas, es necesario disponer de un enfoque paso a paso con base en paquetes de medidas para llevar a buen puerto la política de mitigación y adaptación de cambio climático, siendo fundamental plantear una correcta Estrategia de Implementación. En esta idea subyace que las ciudades son diferentes, y en diferentes etapas de desarrollo, por lo que puede que en cada caso la combinación óptima de políticas y medidas de acción tenga que adaptarse a cada problemática concreta. Al margen del tipo de ciudad y su entorno, los pasos de implementación pueden describirse en tres pasos o paquetes de medidas:



Fig. 43 - Estrategia de implementación de medidas basadas en paquetes. Fuente: ISOIN

Como se ha comentado, la combinación de medidas en cada paquete vendrá condicionada por las circunstancias de la ciudad, así como por los recursos municipales, instrumentos y fondos de financiación que se dispongan para poner en marcha las medidas.

4.2.5. Evaluación y Seguimiento

La última etapa del proceso de formulación de proyectos involucra la definición detallada de los procedimientos de evaluación y seguimiento tras la implementación.

Aquí se incluyen la relación de variables y parámetros a ser monitoreados, donde se recomienda incluir indicadores de implementación (relacionados con los resultados esperados con la puesta en marcha de las medidas desde los puntos de vista económicos, sociales y de operación) e indicadores de impacto (relacionados con los resultados energéticos y ambientales). También es necesario definir el sistema para la recolección de los datos necesarios para su cálculo, así como el control de su variabilidad en el tiempo basada en un sistema de medición periódica, con el fin de identificar posibles desviaciones negativas que requieran de nuevas medidas correctoras.

Existen múltiples alternativas metodológicas para la evaluación y seguimiento de proyectos de cambio climático que una autoridad local

puede seleccionar. Una de las metodologías más empleadas es el sistema MRV, el cual considera tres componentes principales para realizar el seguimiento: Monitoreo, Reporte y Verificación.

Cabe destacar que el sistema MRV debe apropiarse herramientas de cuantificación relacionadas con la evaluación y seguimiento de las estrategias de mitigación y las estrategias de adaptación. En el caso de la mitigación es de interés aplicar herramientas para el cálculo de inventarios y la reducción de GEI (en el Capítulo 2 de la presente Guía se muestran varios instrumentos para cuantificar emisiones con la aplicación de modelos “Top-down” y “Bottom-up”). En el caso de la adaptación al cambio climático, es de interés aplicar metodologías para calcular la vulnerabilidad y el riesgo (en el Capítulo 3 de la presente Guía se muestran metodologías de cálculo del grado de vulnerabilidad y el índice de riesgo para elaborar mapas de vulnerabilidades y riesgos). En ambos casos, no hay que olvidar que la calibración de los modelos debe realizarse permanentemente de forma cíclica.



Fig. 44 - Componentes de la metodología MRV. Fuente: ISOIN

Los tres componentes de la metodología MRV se describen a continuación:

Monitoreo

En la componente de monitoreo deben definirse las variables que ofrecerán una visión clara de la implementación y el impacto tras la puesta en marcha de las medidas, considerando un sistema completo de indicadores que permita realizar un seguimiento en el tiempo y sobre todo que permita la comparación de resultados en diversos escenarios (línea de base o escenario tendencial por ejemplo), tanto del progreso de la implementación como de los resultados alcanzados, incluyendo los impactos asociados a los beneficios identificados por ámbitos social, económico y ambiental.

En el plan a definir de monitoreo se recomienda fijar las siguientes características:

- » Frecuencia de la medición de cada indicador.
- » Sistema de recopilación de datos necesarios para su medición.
- » Fórmulas de cálculo.
- » Tendencia deseable.
- » Valores umbrales, donde es interesante marcar valores críticos a partir de los cuales replantear medidas correctoras.

Reporte

En la componente de reporte se debe preparar el sistema para comunicar de manera regular a los actores relevantes los resultados que se van alcanzando. Aquí se recomienda incluir no sólo a los actores responsables, sino también a los actores complementarios identificados, incluso el reporte a la propia ciudadanía, lo que brinda la ventaja de servir como elemento de socialización del proyecto y acercamiento a la sociedad y el Gobierno abierto.

Verificación

La última y más compleja componente corresponde a la verificación, donde se incluyen los procesos que confirman que lo que se ha medido y reportado es completo, exacto y transparente. La complejidad se deriva en que suele ser ejecutada por un tercero (autoridad Nacional, auditores, etc.), que pueda llegar a las mismas conclusiones de la información reportada, dando validez completa al reporte.

En el caso de proyectos de cambio climático, en el proceso de verificación debe de considerarse un análisis detallado por una entidad específica que se encargue de verificar las reducciones de emisiones de GEI basados en los datos recopilados mediante los procedimientos definidos en el monitoreo. También puede consultarse a equipos de expertos que garanticen que los procedimientos de cálculo son completos y consideran todas las variables inherentes al proyecto.

4.3. Fuentes de Financiación

En el presente apartado se ofrece una visión general de la situación actual del financiamiento climático con el fin de poder presentar por parte de las autoridades locales proyectos urbanos de mitigación y adaptación. Para ello se incluye una revisión de las principales referencias sobre financiación en temática de cambio climático en la región.

En las economías modernas, los actores responsables de la creación y formulación de Políticas de Ambiente y Transporte poseen una gran variedad de instrumentos, que pueden ser usados para incrementar la eficiencia energética en el transporte urbano y mitigar su contribución al cambio climático, así como la de mejorar la adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte y aumentar la protección de los usuarios.

El Banco Mundial clasifica los instrumentos para articular medidas en cuatro categorías que engloban diversas soluciones de financiamiento, que también son seguidas por los bancos multilaterales de desarrollo, como el BID. Cada categoría consta de diversos enfoques e instrumentos específicos que pueden adaptarse a las circunstancias concretas de cada País, sin ser soluciones únicas y rígidas. Estas cuatro categorías son las siguientes:

Categoría 1 - Agregar, agrupar, facilitar

Donde se incluyen soluciones que abarcan nuevos flujos, tales como impuestos, cargos medioambientales o instrumentos no tradicionales de financiamiento pero que generan valor económico o financiero.

Categoría 2 - Instrumentos basados en la deuda y en el tiempo oportuno

Donde se incluyen soluciones que aportan fondos públicos para fines de desarrollo que están disponibles de forma anticipada.

Categoría 3 - Mecanismos de gestión del riesgo financiero

Donde se incluyen soluciones que involucran incentivos para la inversión del sector privado, tales como financiaciones mixtas.

Categoría 4 - Financiamiento basado en los resultados

Donde se incluyen soluciones que entregan fondos cuando se alcanzan los resultados deseados, transfiriendo parte del riesgo a las entidades involucradas.

El Banco Mundial también fija una serie de Normas de referencia para facilitar el desarrollo sustentable, que se muestran en la figura siguiente, y que se categorizan en Operar Mercados (reducciones y cargos a mercados existentes en función de su impacto en el cambio climático), Crear Mercados (potenciar la creación de mercados más sustentables), Regulaciones Medio Ambientales (con normativas específicas de regulación del cambio climático) y Participación del Público (involucrar a la ciudadanía en el proceso de desarrollo sustentable):



Fig. 45 - Normas para el Desarrollo Sustentable por categorías. Fuente: Banco Mundial

Otra de las buenas prácticas a nivel local con el fin de aumentar la eficacia en la definición de políticas es el uso de una clasificación de los instrumentos reguladores que diferencien entre los aplicados a proveedores (oferta de transporte) y a consumidores (demanda de transporte).

En el lado de la oferta, la coordinación a nivel gubernamental de los diferentes proveedores es cada vez más importante, existiendo una clara necesidad de intervención para obtener sinergias entre instrumentos de coordinación, regulación e incentivos financieros.

En el lado de la demanda, los aspectos fundamentales están asociados a favorecer la implementación de nuevas tecnologías, incrementando la concienciación a través de la socialización y participación de la ciudadanía, y haciéndoles partícipes de la regulación y los incentivos financieros, de acuerdo a las características individuales.



Fig.46 - Clasificación de instrumentos reguladores diferenciando oferta y demanda de transporte. Fuente: Hoja de Ruta para la sostenibilidad, Eficiencia, CEPAL

En este marco de referencia, los instrumentos para poner en marcha medidas de acción de mitigación de cambio climático podrían no requerir enormes inversiones y pueden ser implementados a un costo relativamente bajo; de hecho, estos instrumentos a menudo proveen nuevas fuentes de recursos para las autoridades locales y regionales, al tiempo que implican beneficios económicos a largo plazo debido al mejoramiento del transporte, la reducción de impactos negativos como congestión y contaminación atmosférica, beneficios de salud, etc.

4.3.1. Instrumentos Públicos de Financiamiento

Los siguientes instrumentos identifican aquellos recursos que no se encuentran incluidos dentro del presupuesto de una entidad pública, ya sea del orden nacional o local, pero que requieren la gestión de una entidad pública para su realización:

Valorización

Es una herramienta de captación de recursos para la construcción de obras públicas, o infraestructura específica, y parte del principio de que una actuación, obra, o inversión pública ocasiona unos beneficios sobre los inmuebles particulares, sin que sus propietarios hayan realizado una acción directa para recibir dicho beneficio. Los recursos que se recaudan en el marco de un riego de valorización se destinan exclusivamente a la financiación total o parcial de la obra o las obras que originan el cobro.

La valorización puede realizarse de beneficio local o general, es decir, decretarse para una zona específica, o para toda la ciudad. En la medida que el cobro de valorización es una herramienta de las administraciones municipales, y que recae sobre la potestad de los Concejos Municipales su aprobación, uso y destinación específica, está completamente sujeta a la discrecionalidad de la entidad pública su implementación.

Contribución por el uso de garajes o estacionamientos

De acuerdo con lo establecido en el numeral 2 del artículo 33 de la Ley 1753 de 2015 Plan Nacional de Desarrollo (2014–2018), se prevé la posibilidad de que las administraciones municipales con SITM, SETP, SITP o SISTR establezcan la contribución por el uso de garajes o zonas de estacionamiento, la cual podrá incorporarse en la tarifa de los usuarios de los estacionamientos, a partir de la inclusión de un factor adicional de cálculo que incentive la utilización del transporte público, sujeta ésta, a la autorización del Concejo Municipal. Este factor adicional se calcula así:

La base gravable será dos veces el valor del pasaje promedio del servicio de transporte público (SITM, SETP, SITP o SISTR, según sea el caso) en el municipio. A continuación, esta base se multiplica por factores inferiores a uno en función de los criterios de oferta de transporte público en la zona, uso del servicio en horas pico y estrato del predio.



Fig. 47 – Zona peatonal y estación de Transmilenio en Bogotá. Fuente: ISOIN

La contribución se cobra en forma adicional al total del valor al usuario por parte del prestador del servicio, quien tendrá la condición de agente retenedor. Se exceptúa de este cobro las bicicletas y las motocicletas cilindradas de 125 cm³ e inferiores.

Esta fuente definida y establecida por las entidades territoriales, es de muy sencilla aplicación, contabilización y cobro, por lo que podrá convertirse a futuro en una fuente clara de financiamiento de programas de Transporte Activo. Su cálculo potencial, estará en función de la capacidad y utilización de los estacionamientos del Municipio.

Plusvalía

El cobro de la plusvalía se determina a partir del incremento que se genera en el valor del suelo como consecuencia de las acciones urbanísticas adelantadas e inversiones públicas realizadas por la administración pública. Sin embargo, este cobro se da cuando el suelo se ve sujeto a algún tipo de modificación en su uso o tenencia.

Esta fuente de financiamiento de obras o planes de inversiones resulta ser un mecanismo de difícil aplicación ya que el flujo de recursos que podría generarse, está sujeto al cambio de uso o tenencia del suelo afectado, y al ser esta situación discrecional de los privados se dificulta completamente su estimación y predicción de ingreso.

Cargos por congestión

En el numeral 3 del artículo 33 del Plan Nacional de Desarrollo (2014 – 2018) Todos por un nuevo País, se establece que “Los municipios o distritos mayores a 300.000 habitantes, podrán establecer tasas, diferente a los peajes establecidos en la Ley 105 de 1993, por uso de áreas de alta congestión, de alta contaminación, o de infraestructura construida para evitar congestión urbana. Con base en la reglamentación que el Gobierno Nacional fije para establecer los criterios que determinan dichas áreas. Los recursos obtenidos por concepto de las tasas adoptadas por las mencionadas entidades territoriales, se destinarán a financiar proyectos y programas de infraestructura vial, transporte público y programas de mitigación de contaminación ambiental vehicular”.

En la actualidad, no existen experiencias de esta medida en el País, sin embargo en el estudio “Cobros de Congestión en Ciudades Colombianas”³⁰, se realiza un análisis de su implementación en las ciudades de Bogotá y Cali, evaluando aspectos relacionados con los impactos, tecnologías y ruta de implementación.

En el caso de Bogotá, la propuesta de cobro por congestión engloba 9 kilómetros cuadrados, lo que equivale al 2.1% del área urbana (Secretaría Distrital de Movilidad), e incluye cobros por entrar, salir o circular en el interior fuera de una ventana de tiempo, excluyendo a vehículos de transporte público, motos, vehículos de cero emisiones y destinados a control de tráfico, grúas y de organismos de seguridad del Estado. En el marco tecnológico el mecanismo de detección combina dispositivos a bordo y cámaras.

Este tipo de instrumento es de difícil implementación, resaltando el ejemplo de la propuesta de cobro por congestión de Bogotá, que ha pasado tres veces por Concejo, y siempre ha sido tumbado.

30 - “Cobros de congestión en ciudades Colombianas” publicado en abril de 2013 por las universidades “University College London - Universidad de los Andes.” (2013)

Cobro por estacionamiento en vía pública

Estos cobros regulan y racionalizan la ocupación del espacio público para generar condiciones que faciliten la movilidad del peatón. Se prevé que los conductores cancelen previamente la tarifa de uso y aquel vehículo que no se encuentre debidamente validado será objeto de una infracción.

A nivel nacional, Medellín ha implementado las Zonas de Estacionamiento Restringido (ZER), cuyo objetivo principal es regular, administrar y organizar el estacionamiento en vía pública, propendiendo por una adecuada condición de la movilidad y garantizando mayor seguridad para los diferentes actores de la vía. Este sistema, plantea tarifas diferenciales por zonas y los ingresos provenientes de esta fuente se destinarán a financiar los programas de inversión relacionados con la construcción, operación y mantenimiento de intercambiadores modales.

Sin embargo, es muy importante explorar de forma simultánea fuentes de financiación pública locales o nacionales. “Las partidas presupuestales que se utilizan principalmente para garantizar el

financiamiento de las inversiones por parte de la Nación y los Entes Territoriales, son los recursos de presupuesto asignados a un determinado plan de inversiones y/o gastos, los cuales se habilitan para el año corriente dentro del presupuesto oficial o se programan y proyectan en el tiempo mediante vigencias futuras ordinarias, excepcionales, APP y la pignoración de rentas. Las rentas que se pignoran para apalancar proyectos de transporte provienen principalmente de recursos de regalías, propios, sobretasa a la gasolina, valorización e ingresos corrientes de libre destinación, entre otros” (GIZ. Estructuración Financiera NAMA TAnDem).

La siguiente gráfica muestra el proceso que debería seguir una autoridad local o regional para obtener recursos públicos directos. Es importante tener en cuenta que la materialización de los recursos públicos deben surtir toda la ruta de planeación y programación presupuestal establecida por el Departamento Nacional de Planeación, para lo cual es importante consultar la “Metodología General Para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública” y el “Manual de Procedimientos del Banco Nacional de Programas y Proyectos”.

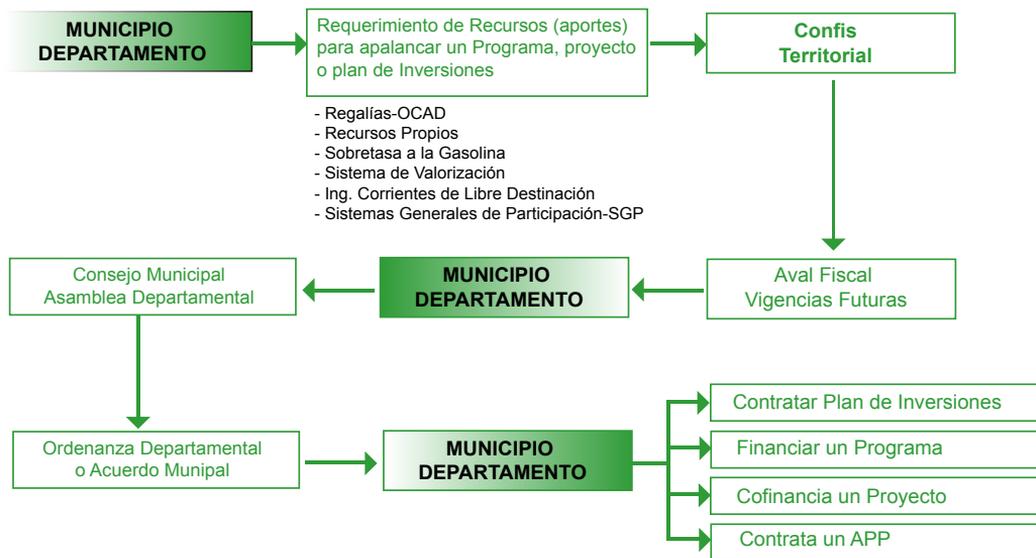


Fig. 48 - OCAD - Órgano Colegiado de Administración y Decisión del Sistema General de Regalías. Fuente: GIZ, 2016

Vale la pena destacar que entre los instrumentos de financiación local disponibles se encuentra el Sistema General de Regalías, a través del cual se “determina la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios. Estos recursos se distribuyen a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI), Fondo de Desarrollo Regional (FDR) y Fondo de Compensación Regional (FCR), los cuales financiarán proyectos de inversión presentados por la entidades territoriales a los Órganos Colegiados de Administración y Decisión (OCAD), quienes serán los encargados de definirlos, evaluarlos, viabilizarlos, priorizarlos, aprobarlos y designar el ejecutor de los mismos”.

El Departamento Nacional de Planeación ha puesto a disposición de los entes territoriales el Programa de Fortalecimiento de Capacidades en Estructuración de Proyectos a los Entes Territoriales que busca mejorar la calidad de la inversión pública a partir de:

1. La estructuración adecuada de proyectos bajo estándares de calidad definidos por el DNP “Sello DNP” y a través de una estrategia de “Aprender estructurando proyectos”,
2. El aprovechamiento de proyectos tipo diseñados para su rápida y efectiva ejecución, y
3. La disposición de la Red de Estructuradores para el apoyo técnico y metodológico que requieran los entes territoriales en la formulación y estructuración de proyectos.

Para acceder a este programa, visite www.sgr.gov.co/Proyectos/EstructuracionSGR.aspx Adicionalmente, es importante identificar los Proyectos Tipo que puedan ajustarse a las acciones de mitigación o adaptación priorizadas a nivel local, que facilitan los trámites ante los OCAD y disminuyen los costos de pre-inversión. En el anexo digital de esta guía se incluyen los proyectos tipo de transporte.

Así pues, dada la inercia propia de los procesos de ejecución de recursos públicos, es muy importante la formalización de instrumentos de planeación que permitan canalizar recursos hacia proyectos de cambio climático en movilidad urbana, fundamentalmente los Planes Municipales y Departamentales de Desarrollo, los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial, los Planes de Movilidad Urbana Sostenible y los Planes Locales de Cambio Climático. Mientras este tipo de instrumentos son desarrollados en las regiones, deben obtenerse victorias tempranas mediante el desarrollo de proyectos susceptibles de ser financiados con fondos climáticos.

4.3.2. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

El “Mecanismo de Desarrollo Limpio” es un instrumento que se basa en el mercado de reducción de emisiones en el marco del Protocolo de Kyoto. La reducción verificada de GEI, permite a los MDL emitir Certificados de Reducción de Emisiones (CER), los cuales son transados en el mercado de carbono regulado. Los proyectos de MDL proveen fondos adicionales para las inversiones y puede dar lugar a una mejor infraestructura y tecnología.

Las inversiones que utilizan este mecanismo deberían conducir a un desarrollo sostenible, por lo tanto los proyectos son evaluados por su impacto en la reducción de las emisiones de GEI.

Además, es necesario especificar un método fiable para demostrar la reducción de GEI, ya que la reducción debe ser "real, verificable, medible y adicional con el fin de preservar el principio de la integridad ambiental". En Colombia, La Dirección de Cambio Climático, es la encargada de revisar y aprobar los MDL.

Actualmente, en el país se han aprobado 102 proyectos (13 de ellos en el sector transporte), de los cuales 66 han sido registrados ante la ONU para emisión de CERs (6 de ellos en el sector transporte, que se muestran en la siguiente tabla) con un potencial de reducción de 13,430,730 Ton CO₂, dentro de los que 18 de los 66 proyectos registrados han emitido 9,956,030 certificados de emisión de reducción CER (Dirección de Cambio Climático, MADS).

REGISTRO	NOMBRE	PARTICIPANTES	OTROS PARTICIPANTES	REDUCCIÓN (Ton CO ₂ eq/año)
07/12/06	BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II to IV	CAF - IneM	Switzerland/ Netherlands	246.563,00
26/04/10	Cable Cars Metro Medellín, Colombia	Grutter - CPP	Switzerland	17.290,00
16/12/11	BRT Transmetro Barranquilla, Colombia	CAF		55.828,00
12/03/12	MIO Cali, Colombia	CAF	Netherlands	242.187,00
13/03/12	BRT Metroplus Medellín, Colombia	Grutter	Switzerland	123.479,00
10/08/12	MEGABUS, Pereira, Colombia	CAF	Netherlands	33.956,00

Tabla 33 - Proyectos del sector transporte registrados ante la ONU para emisión de CERs en Colombia. Fuente: MADS

Hay una gran variedad de requisitos que los proyectos y los procesos que se realizarán deben cumplir, con el fin de obtener la financiación:

Adicionalidad

Se debe demostrar que el proyecto producirá reducciones en emisiones, además de las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto.

Línea de Base

Es el escenario que representa razonablemente las emisiones de GEI que ocurrirían en ausencia de la actividad de proyecto propuesta. De este modo, las posibles alternativas al proyecto deben ser identificadas y discutidas.

Escape/Fuga

Descritas como el cambio neto de las emisiones de GEI que se producen fuera del ámbito del proyecto y que son medibles y atribuibles a la actividad de proyecto de MDL.

Reducciones de Emisiones

Pueden ser calculadas como la línea de base, menos las del proyecto, menos las emisiones de fuga. En otras palabras, las reducciones de emisiones son sólo las reducciones que pueden atribuirse directamente al proyecto.

Los procedimientos y protocolos de verificación de los proyectos MDL son estrictos, y por ello la dificultad en el levantamiento, seguimiento y verificación de indicadores en sistemas de movilidad (altamente complejos) ha sido una barrera para registrar iniciativas y vender reducciones.

Adicionalmente, el mercado regulado internacional está saturado de oferentes por lo que el precio de las reducciones es muy bajo en este momento (entre 3- 5 USD por ton CO₂eq reducida). Esto podría cambiar radicalmente en un escenario post 2020 a partir de cuándo los compromisos de mitigación internacionales podrían balancear el mercado con una ampliación considerable de la demanda de reducciones.

Por lo anterior, es importante que las autoridades locales y las entidades que se han embarcado en estos proyectos hagan una evaluación concienzuda del desempeño de los mismos y se esfuercen por cumplir con los planes de monitoreo requeridos para emitir CERs. Dichos planes de monitoreo, además, permiten hacerle seguimiento al desempeño de los sistemas de transporte y vislumbrar acciones de mejora en sus niveles de servicio.

4.3.3. Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs)

Las “Acciones de Mitigación Apropriadas a cada País” se conocen como NAMAs por sus siglas en inglés, y fueron formalizadas como una opción de mitigación para los países en desarrollo en el contexto de la Convención bajo la Hoja de Ruta de Bali, creándose su registro en la COP 16 de Cancún. Las **NAMAs** son por lo tanto acciones propuestas por los países en desarrollo para reducir las emisiones de GEI para lograr el objetivo global de 2°C, y abarcan acciones para construir capacidades para reducir emisiones y acciones o medidas para reducirlas, pudiendo adoptar la forma de políticas y medidas, regulaciones, estándares, programas e incluso incentivos financieros.

A diferencia del MDL, las NAMAs no tienen como objetivo la emisión de CERs, aunque en el futuro las NAMAs puedan ser acreditables y emitir certificados, pero este mecanismo de mercado no ha sido establecido, por lo que las NAMAs pueden tener un mayor alcance que el MDL en términos de su escala de implementación e impactos, permitiendo acciones más amplias y que pueden llegar a repercutir de forma más intensa en el desarrollo sostenible.

Respecto a los mecanismos financieros, las NAMAs se definen en tres tipologías, que se pueden adaptar a las necesidades específicas de cada acción, siendo no excluyentes, es decir, que se pueden utilizar de manera complementaria acorde al diseño y los requerimientos concretos. Los tres tipos de NAMAs son los siguientes:

NAMAs Unilaterales

Financiadas en su totalidad con recursos propios del país en el que se pretende implementar la acción. Los recursos provendrán de fuentes públicas y/o privadas.

NAMAs Apoyadas

Cuentan con apoyo internacional financiero, técnico y/o de capacitación. El apoyo puede venir de países desarrollados, fondos privados, fondos multilaterales o bancos de desarrollo.

NAMAs Acreditables

Las NAMAs acreditables serían aquellas que generan ingresos por la venta de créditos de carbono asociados a la cantidad de emisiones reducidas. Como se ha comentado, este mecanismo aún no ha sido acordado a nivel internacional por lo cual aún no existe un mercado global que garantice una demanda de este tipo.

A continuación se muestran varios ejemplos de posibles NAMAs para el sector transporte, categorizados por su enfoque sobre la metodología de EVITAR – CAMBIAR – MEJORAR (ASI, por las siglas en inglés de Avoid - Shift - Improve):



Fig. 49 - NAMAs sector transporte categorizados por enfoque EVITAR – CAMBIAR – MEJORAR. Fuente: Navigating Transport NAMAs. Handbook NAMAs en el Sector Transporte

Como fuente de información y referencia a la hora de estructurar NAMAs, existen diversas bases de datos, tanto a nivel Nacional como Internacional donde se puede consultar información de NAMAs finalizados, en implementación, en desarrollo y en estudio:

- » **Nacional:** www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/471-plantilla-cambio-climatico-27
- » **Internacional:** www.nama-database.org/ y www.transport-namadatabase.org/

Colombia ha iniciado la ejecución de varios NAMAs, principalmente en el sub-sector transporte, donde actualmente hay 3 proyectos de este tipo en desarrollo que se describen a continuación.

NAMA Apoyada (14,7 € del NAMA facility) Desarrollo orientado al transporte (TOD)



Orientada a la ejecución de programas de desarrollo urbano. El objetivo es el de densificar las zonas aledañas a las estaciones de transporte público con un gran número de unidades residenciales y usos mixtos del suelo de tal manera que las personas puedan realizar sus actividades cerca de sus lugares de residencia procurando minimizar las distancias recorridas y evitar el uso de transporte motorizado, potenciando los sistemas colombianos de transporte público rápido (BRT) para configurar un modelo global en las ciudades de transporte urbano sustentable y de bajo costo.

Los elementos clave del desarrollo orientado al transporte son:

- » Infraestructura de alta calidad para peatones (aceros anchos y calles peatonales).
- » Servicios de transporte público con alta frecuencia de paso (BRT).
- » Usos de suelo mixtos (incluyendo usos comerciales, de vivienda, de servicios y de espacios públicos).

El suceso de mayor importancia en el desarrollo del TOD NAMA tuvo que ver con la creación del Centro de Promoción para TOD (CIUDAT) a través de la Financiera del Desarrollo – FINDETER, que ofrecerá asistencia financiera y de implementación, y será supervisada por una junta independiente integrada por representantes de alto nivel de los Ministerios Nacionales estratégicos.

El objetivo de esta iniciativa es reducir el tránsito de un 25-36 % lo que supondrá una disminución de entre 3,6 y 5,5 MMtCO₂ en el año 2040, con una inversión de 20 millones de dólares para dotar de recursos técnicos y financieros la construcción de barrios TOD en cinco ciudades de Colombia: Barranquilla, Bogotá, Cali, Manizales y Medellín. Además, FINDETER dará énfasis al desarrollo de TOD en su Programa de Ciudades Sostenibles y Competitivas (www.findeter.gov.co/ciudades/).

Entre los proyectos seleccionados para su financiamiento se encuentran:

- » Rediseño del Corredor Verde del BRT de Cali, con la creación de túneles para el tránsito de vehículos motorizados y creación de espacios peatonales.
- » Nueva estación de Metro en Medellín “Entre Orillas”.
- » Nueva estación de Metro y de BRT en Bogotá en “San Bernardo”.
- » Uso mixto en el barrio “Parque de la Paz” en Barranquilla.
- » Macroproyecto de viviendas en Manizales en “San José”.



Fig. 50 - Vista aérea de la ciudad de Manizales. Fuente: ISOIN

NAMA Unilateral (\$ 1,1 billones) Transporte Carretero Sostenible de Carga

Orientada a acelerar la renovación de la flota de vehículos de carga, la implementación de herramientas de gestión de la demanda y el desarrollo de programas de conducción eficiente con el fin de mejorar la competitividad económica y el desempeño ambiental del transporte de carga.

Se encuentra fundamentada en la articulación de tres políticas:

- » **Programa de Renovación y Reposición del Parque Automotor de Carga (CONPES 3759)** que cuenta con un presupuesto autónomo de 1.1 billones de pesos para otorgar incentivos a los propietarios de vehículos de carga cuya edad sea superior a los 20 años que opten por la chatarrización de su vehículo.
- » **Política Nacional Logística (CONPES 3547)** que ha consolidado: el sistema RNDC (Registro Nacional Despachos de Carga por Carretera) donde se registran operaciones de carga de las empresas de transporte durante la movilización de mercancías; el sistema INSIDE (Sistema Integrador de Enturnamiento) donde se reportan los registros de enturnamiento de vehículos de transporte para evaluar la eficiencia de las operaciones de enturnamiento en las Terminales Portuarias del país; y el sistema PLC (Portal Logístico de Colombia) donde se ha desarrollado un sistema de información logístico piloto para el corredor Bogotá – Barranquilla y sus ramales de influencia.
- » **Política Nacional de Transporte Público Automotor de Carga (CONPES 3489)** donde se incluye la capacitación a 300 conductores en principios de eco-driving.

La NAMA plantea un apoyo general al desarrollo del proyecto y el diseño de un sistema para la monitorización, reporte y verificación (MRV) orientado a la contabilidad de emisiones asociada a la chatarrización de vehículos y a evaluar el desempeño.



Fig. 51 - Vehículo de carga. Fuente: ISOIN

NAMA en estructuración

Transporte de Transporte Activo y Gestión de la Demanda (TanDem)

Orientada a la creación de escenarios adecuados para incentivar el transporte activo (TA) y con eso lograr un cambio modal significativo hacia bicicletas y triciclos (convencionales y eléctricos) como unos de los modos más sostenibles y así contribuir de forma significativa a la reducción de las emisiones GEI y al mejoramiento de la situación del tráfico urbano en general.

Para lograr un cambio modal sostenible hacia los modos de bajas emisiones, la NAMA aplica la reconocida estrategia de empujar y halar, basada en el supuesto que para lograr un cambio modal hacia los modos más sostenibles se tiene que generar un esquema integral de promoción del transporte sostenible, por un lado incentivando los modos bajos en emisiones (por ejemplo a través de la construcción de infraestructura ciclista de alta calidad), y por el otro lado desincentivando los modos de altas externalidades negativas (por ejemplo a través de la gestión de estacionamiento para vehículos motorizados individuales).

Las medidas propuestas buscan en principio mantener la partición modal (garantizando por ejemplo mayor seguridad vial para los usuarios actuales) e inducir un cambio gradual de mentalidad y de actitud hacia el uso del Transporte Activo. También se determinaron algunas medidas que no corresponden a intervenciones físicas como tal sino al levantamiento de información y realización de estudios por parte de las autoridades, que permitan fortalecer los proyectos con base en el comportamiento y caracterización de los usuarios. El siguiente es el listado de acciones concretas asociadas a la nota conceptual preliminar de la NAMA:

1. Construir y rehabilitar vías ciclistas para consolidar redes ciclo-inclusivas.
2. Instalar ciclo-estacionamientos y equipamientos adecuados para facilitar viajes multimodales y completos.
3. Generar zonas de pacificación del tránsito.
4. Implementar sistemas públicos de bicicleta (SPB).
5. Implementar servicios formales de bicitaxis.
6. Implementar esquemas de gestión de estacionamientos para automotores.
7. Implementar zonas de bajas emisiones.
8. Consolidar redes de promoción e intercambio de información (entidades nacionales y locales, academia, colectivos).
9. Generar y fortalecer estrategias de promoción desde la empresa privada y el sector público.

4.3.4. Fondos Internacionales de Financiamiento Climático

En el presente apartado se ofrece una visión de los instrumentos actuales disponibles para el financiamiento internacional para el Medio Ambiente, cuyas principales referencias son los fondos de financiamiento climático en la región.

Se define como financiamiento climático aquel que apoya acciones que fomenten la mitigación del cambio climático y/o la adaptación a los impactos del mismo



Los recursos ofrecidos por los Fondos sobre financiamiento climático pueden ser de múltiples tipos: públicos y privados, multilaterales y bilaterales, internacionales y nacionales. En cuanto al tipo de instrumento de financiación, también hay una gran variedad: donaciones, fondo perdido, préstamos concesionales o comerciales, garantías de crédito, impuestos verdes, tarifas a recursos renovables, capital riesgo, etc.

Tanto la tipología de recursos como la tipología de instrumentos de financiación, son particulares para cada Fondo de financiamiento climático en cuestión. A continuación se describen varios de los fondos de financiación internacionales disponibles para que las autoridades locales puedan articular acciones de mitigación y adaptación.

FMAM – Fondo para el Medio Ambiente Mundial



El FMAM, también conocidos como GEF por sus siglas en inglés, son unos fondos ratificados por UNFCCC, que fueron creados para financiar proyectos y programas destinados a proteger el medio ambiente global, con prioridad a ciudades pequeñas y medianas con rápido crecimiento.

Sólo ofrece co-financiamiento que apoya principalmente soluciones tecnológicas, lo que significa que una importante contribución a la financiación del proyecto tiene que provenir de otras fuentes, como pueden ser el Gobierno Nacional u otras agencias donantes. En el sector transporte se han co-financiado iniciativas para mejorar el transporte público o promover el transporte no motorizado. Actualmente, en Colombia existe un proyecto activo en el sector transporte que se describe en el siguiente recuadro de proyecto ejemplo.

Entidad Financiadora: Iniciativa internacional con participación de los principales organismos internacionales de financiación (PNUD, BID, BM, etc.).

Financiación: Co-financiación proporcionando recursos técnicos, créditos y préstamos. Incluye proyectos de más de 1 millón \$ para proyectos ordinarios y subvenciones de hasta 25.000\$ para preparación de proyectos.

Más información: www.thegef.org/gef/

PROYECTO EJEMPLO

Proyecto: *Demostración y evaluación de transporte masivo con vehículos eléctricos de batería en Colombia (2013).*

Descripción: *Promover los vehículos eléctricos como medio para transporte masivo de personas con el fin de reducir emisiones de GEI y mejorar la calidad del aire local.*

Financiamiento FMAM: 2.260.000\$.

Co-Financiación privada: 29.900.000\$, incluyendo empresas de vehículos eléctricos.

Co-Financiación pública: 400.000\$ Ministerio de Transporte, Ministerio de Ambiente.

InfraFund – Fondo de Desembolso Rápido para Soluciones Innovadoras en Transporte

Los Fondos InfraFund asisten a asociaciones públicas, privadas y de capital mixto de América Latina y el Caribe en la identificación, el desarrollo y la elaboración de proyectos de infraestructura financiables, sostenibles y con probabilidad de alcanzar su cierre financiero. El InfraFund promueve además la formación de sociedades público-privadas para provisión de infraestructura.

Los recursos pueden utilizarse para contratar servicios de consultoría especializados, adquirir bienes necesarios para la realización de estudios o llevar a cabo otras actividades orientadas a la preparación de proyectos de infraestructura para su financiamiento.

Entidad Financiadora: Iniciativa multilateral del BID (Banco Interamericano de Desarrollo).

Financiación: Financian hasta 1,5 millones de \$, con un proceso de aprobación rápido para proyectos de menos de 500.000\$.

Más información: www.iadb.org/en/topics/transportation/infrafund,1635.html

FVC – Fondo Verde del Clima



El FVC, también conocidos como GCF por sus siglas en inglés, es un instrumento de financiamiento de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático que surgió de la COP de Cancún.

El FVC financia proyectos y programas a entidades acreditadas sub-nacionales, nacionales y regionales. Para la acreditación, se cuenta con un programa de apoyo a la preparación de acceso al Fondo, que será directo para entidades acreditadas que cumplan requisitos establecidos. Entre las entidades acreditadas se encuentran el BID, BM o PNUD. Las entidades acreditadas pueden presentar propuestas para financiación de programas y proyectos al Fondo en cualquier momento.

Entidad Financiadora: Iniciativa internacional.

Financiación: Hasta 1 millón de \$ para Programa de apoyo a la preparación de cartera de proyectos y fondo de 10.200 millones de \$ para acciones de mitigación y adaptación (años 2015-2018).

Más información: www.greenclimate.fund/

PROTOCOLO VERDE

El Protocolo Verde es una Agenda de Cooperación iniciativa del Gobierno Nacional Colombiano con el fin de un acuerdo voluntario con los sectores económicos del país, con el objetivo de generar beneficios al medio ambiente y por ende a la sociedad.

En su concreción, el Gobierno Nacional y Asobancaria aunan esfuerzos para promover el desarrollo sostenible de Colombia, acordando dar su máximo esfuerzo para poner en práctica instrumentos para promover el financiamiento del desarrollo con sostenibilidad a través de facilitar crédito y/o inversiones, programas de promoción de la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.

Entidad Financiadora: El Pacto Nacional tiene una vigencia de 5 años, desde 2012, y en ella se han involucrado varias entidades financiadoras Nacionales: Bancolombia, Bancoldex, Helm Bank, Davivienda, Citibank, Scotiabank, BBVA, Banco Colpatria, Bancamía, Findeter y Finamérica.

Financiación: Según iniciativas de entidades financieras.

Más información: www.asobancaria.com/portal/page/portal/Asobancaria/responsabilidad_social/protocolo_verde

AEA – Alianza de Energía y Ambiente con la Región Andina



La AEA, también conocida como EEP por sus siglas en inglés, es un programa del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia que tiene como objetivo ampliar el acceso a servicios modernos de energía y promover las energías renovables y la eficiencia energética.

Ofrece subvenciones para el desarrollo o ampliación de modelos de negocio inclusivos y proporciona co-financiación con capital para las fases iniciales de proyectos de energía sostenible con socios locales e internacionales.

Entidad Financiadora: Iniciativa bilateral del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia.

Financiación: Proyectos de hasta 200 mil €.

Más información: www.energiayambienteandina.net/

CDKN – Alianza Clima y Desarrollo



La Alianza Clima y Desarrollo conocida por sus siglas en inglés CDKN, es una alianza de organizaciones que recibe financiación desde 2010 hasta 2017 por parte del Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido y el Ministerio de Relaciones Exteriores Holandés.

Ofrecen financiamiento de 500 mil libras para investigación, asesoramiento e intercambio de conocimiento para la aplicación de políticas de gestión local de cambio climático, que apoya a los tomadores de decisiones en el diseño e implementación de estrategias de desarrollo con consideraciones sobre cambio climático.

Entidad Financiadora: Iniciativa dual anglo-holandesa.

Financiación: £500.000 máximo por proyecto.

Más información: <http://cdkn.org/>

PROYECTO EJEMPLO

Proyecto: *Integración del Cambio Climático en el sector de transporte colombiano (2013-2014).*

Descripción: *Construcción de un Plan de Adaptación para el sector vial primario de Colombia, de forma que el Plan configure vías compatibles con el clima.*

Financiamiento CDKN: £433.989.

Beneficiarios: *Ministerio de Transporte, INVIAS, ANI.*

ODS – Fondo para el Logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Es un fondo del PNUD y España para financiar experimentación, programas piloto, innovaciones y adaptación de mecanismos para ayudar al desarrollo, que es una continuación sobre la base construida entre los años 2007 y 2013 con los Fondos para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

A partir de 2014, este fondo financia actividades de colaboración que complementan a algunos programas de Naciones Unidas que responden a desafíos de desarrollo multidimensionales. En el campo del cambio climático, el fondo facilita el acceso a nuevos mecanismos de financiación y apoya actividades de adaptación.

Entidad Financiadora: PNUD y Gobierno de España.

Financiación: Financiamiento total disponible de 90 millones de \$.

Más información: www.mdgfund.org/



Conclusiones

Conclusiones

Teniendo en cuenta los contenidos expuestos en los cuatro capítulos que componen esta Guía, se resumen a continuación las principales conclusiones extraídas de ellos:

» Para poder cumplir con los objetivos fijados en la COP 21 de París, y especialmente con las contribuciones nacionalmente determinadas, hay que comenzar con inmediatez a formular y poner en marcha acciones de lucha contra el cambio climático desde el ámbito local, donde el transporte urbano demuestra una demanda creciente de combustibles fósiles y, consecuentemente, se perfila como una de las principales fuentes de emisiones de GEI.

» La reducción de las emisiones de GEI procedentes de sistemas de movilidad urbana tiene varios co-beneficios: la disminución de emisiones de contaminantes atmosféricos que impactan la salud de los ciudadanos (material particulado, los óxidos de azufre y nitrógeno, los hidrocarburos volátiles, etc.), el de la calidad del aire, el mejoramiento de la calidad de vida de la población, y la consolidación de centros poblados competitivos y amables.

» Es fundamental aplicar herramientas para cuantificar las emisiones contaminantes procedentes de sistemas de movilidad urbana para saber cuánto está emitiendo cada municipio y, de este modo, poder plantear objetivos y metas claras de reducción de emisiones adaptadas a las coyunturas locales y a las necesidades sociales, económicas y culturales de las distintas comunidades.

» Un elemento clave en la mitigación y adaptación al cambio climático en sistemas de movilidad urbana es el fortalecimiento institucional y la capacitación de profesionales de gobiernos locales, organizaciones ciudadanas e instituciones académicas para poder definir planes de acción informados, pertinentes y viables que permitan construir ciudades resilientes y bajas en carbono. Los cooperantes internacionales y el Gobierno Nacional deben ser aliados estratégicos en este frente de acción.

» Para gestionar y mejorar la movilidad urbana hay que dejar atrás el enfoque tradicional de predecir el aumento del parque automotor para incrementar la capacidad de la red vial, y adoptar el nuevo enfoque EVITAR-CAMBIAR-MEJORAR. Esto permite actuar sobre la demanda de viajes y la elección modal de ciudadanos y, de esta forma, obtener un mejor desempeño operacional, energético y ambiental de los sistemas de movilidad en el largo plazo. Este enfoque, habitualmente asociado a la gestión de viajes de pasajeros, debe también incorporarse a la planificación de servicios logísticos de carga dada su importancia estratégica en la competitividad y el dinamismo económico de las ciudades. El cargue y descargue de mercancías en horarios nocturnos, por ejemplo, es una medida de gestión de demanda de bajo costo y alto impacto.

» Los impactos del cambio climático son inevitables en el mediano y largo plazo, por lo que es crucial poner en marcha, además de medidas de mitigación, medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de los sistemas de movilidad urbana. Para definir y priorizar este tipo de medidas, es necesario mapear puntos, nodos y zonas de redes de movilidad en donde se presenta un mayor nivel de vulnerabilidad y riesgo. Así mismo, las medidas de adaptación en redes de movilidad urbana se deben plantear a través de un doble enfoque: en función de los riesgos y vulnerabilidades mapeados a nivel de redes de infraestructuras; y en función de reducir la exposición de los usuarios de servicios de transporte a eventos climáticos extremos.

» Uno de los mayores desafíos para enfrentar el cambio climático desde el ámbito del transporte urbano consiste en la mejora de la coordinación interinstitucional tanto a nivel local como a nivel nacional. De esta forma, las medidas locales y regionales de mitigación y adaptación en sistemas de movilidad urbana deben armonizarse con las políticas nacionales de ambiente y transporte, y deben aprovechar sinergias potenciales a nivel de humano, técnico y financiero.

» El proceso para formular proyectos de mitigación y adaptación en el transporte urbano desde el ámbito local consta de las siguientes etapas: revisión del contexto institucional, análisis de necesidades técnicas y de financiación, balancear la eficacia de las acciones planteadas con su grado de aceptación pública, planificar un calendario de implantación de las acciones y todo ello en el marco de la coordinación interinstitucional.

ANEXO Fichas de Políticas
sobre Cambio Climático

ANEXO

Fichas de Políticas sobre Cambio Climático

En las fichas siguientes se muestran las principales Políticas y Programas relacionados con el Cambio Climático puestas en marcha por parte del Gobierno Colombiano, donde para cada una de ellas se indican varios aspectos de interés, como es el marco de definición, los actores principales involucrados en el diseño, desarrollo e implementación de los mismos, y los procesos de aplicación más relevantes.

Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (PND) "Todos por un nuevo País"

MARCO: El PND, definido en la Ley 1753 de 9 de Junio de 2015, se estructura en una serie de capítulos con diversos mecanismos que lo articulan, y donde se traza el Plan de Desarrollo de Colombia para los años 2014-2018:

- Capítulo I: incluye Mecanismos para la Ejecución del Plan para aumentar la Competitividad e Infraestructura Estratégicas.
- Capítulo VI: incluye la Estrategia de Crecimiento Verde, que articula instrumentos que permiten la incorporación de la gestión del cambio climático en la toma de decisiones del desarrollo en el mediano y largo plazo.
- Capítulo VII: incluye la Estrategia Territorial: Ejes articuladores del desarrollo y prioridades para la gestión territorial, que aplica varias actuaciones de movilidad urbana.

ACTORES PRINCIPALES: DNP

PROCESOS: Entre los Mecanismos para la Ejecución del Plan, son de interés los artículos siguientes como instrumentos de gestión de ayudas para los Gobiernos Locales:

- Artículo 32, instrumento disponible para recibir apoyo por parte del Gobierno Nacional para implantar sistemas de transporte público, promover mecanismos organizativos o soluciones tecnológicas.
- Artículo 33, instrumento para disponer de otras fuentes de financiación, como pueden ser incremento de tasas para destinarlas a financiar nuevos proyectos y programas.
- Artículo 37, instrumento de retribuciones de Asociaciones Público-Privadas.

Los artículos 170, 171 y 175 son de interés sobre la Estrategia de Crecimiento Verde, que incluyen los aspectos de implementación de dicha estrategia. En cuanto al fomento e implementación de Estrategias Territoriales, hay varios artículos de interés, como son:

¿Qué es el crecimiento verde?

Es un enfoque que propende por un desarrollo sostenible que garantice el bienestar económico y social de la población en el largo plazo, asegurando que la base de los recursos provea los bienes y servicios ambientales que el país necesita y el ambiente natural sea capaz de recuperarse ante los impactos de las actividades productivas. (MADS, 2014)



En cuanto al fomento e implementación de Estrategias Territoriales, hay varios artículos de interés, como son:

- Artículo 183, como medio para crear y fortalecer Autoridades Regionales de Transporte.
- Artículo 197, que articula la destinación de recursos del Sistema General de Regalías para la estructuración de proyectos.
- Artículo 204, que articula estímulos para medios de transporte no contaminantes.
- Artículo 205, que articula contratos de obra pública a través de INVIAS.
- Artículo 206, proyectos de APP a través del DNP.
- Artículo 210, que articula la autorización del uso de GLP y Autogás.

Más información: www.colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/ArticuladoVF.pdf
www.dnp.gov.co/Paginas/Conozca-el-Plan-Nacional-de-Desarrollo-2014-2018-.aspx

Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE)

MARCO: La priorización y enfoque de las estrategias, subprogramas y líneas de acción de PROURE se orientan fundamentalmente a la disminución de la intensidad energética, al mejoramiento de la eficiencia energética de los sectores de consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, en función de la identificación de los potenciales y la definición de metas por ahorro energético y participación de las fuentes y tecnologías no convencionales en la canasta energética del país.

ACTORES PRINCIPALES: MinMinas

PROCESOS: En relación al sector transporte, se incluye en el Plan Indicativo de Acción 2010-2015 PROURE, donde se contempla la reconversión tecnológica del parque automotor, la reducción del uso del vehículo particular mediante la expansión de sistemas de transporte masivo limpio y el desarrollo de campañas sobre buenas prácticas de transporte, donde se disponen de líneas de crédito especiales para fomentar la reconversión tecnológica.

el potencial del ahorro que se alcanzaría mediante la reconversión tecnológica de diésel a eléctrico de los sistemas de transporte público colectivo sería cercana al 0,5 %



Para el período hasta 2020, el Plan Indicativo de Acción incluirá nuevas estrategias en materia de:

1. Tecnologías limpias en el sector transporte: reconversión tecnológica para modernizar las flotas de transporte público de pasajeros.
2. Modos de transporte: implementación de planes de movilidad urbana, que constan de acciones integrales para conseguir una movilidad más eficiente y menos contaminante.
3. Buenas prácticas en el transporte: programas de información y capacitación en conducción eficiente.

Más información: www.minminas.gov.co/documents/10180/558752/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf



MARCO: El PNACC tiene el objetivo de apoyar al País para enfrentar y reducir el riesgo y los impactos socio-económicos y eco-sistémicos asociados a la variabilidad y al cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad e incrementando la capacidad de respuesta de Colombia frente a las amenazas e impactos del cambio climático.

El plan ha sido formulado en 2011 e integra una implementación continua en cinco fases:

- FASE I: Definición Conceptual y Metodológica, 2012.
- FASE II: Acompañamiento a sectores y territorios en la formulación de Planes de Adaptación, 2013-2014.
- FASE III: Implementación, 2013 en adelante.
- FASE IV: Monitoreo, Reporte y Verificación, 2014 en adelante.

El éxito del Plan depende de una adecuada articulación y del compromiso de los diferentes niveles gubernamentales, tanto nacionales como locales, incluyendo a su vez a la sociedad civil y las ONGs.

ACTORES PRINCIPALES: DNP, con apoyo de MADS, IDEAM y UNGRD

PROCESOS: El Gobierno Nacional brinda una serie de insumos metodológicos, que ayudan a sectores y territorios a:

- Generar un mayor conocimiento sobre los riesgos potenciales e impactos actuales.
- Aprovechar las oportunidades asociadas al cambio y a la variabilidad climática.
- Incorporar la gestión del riesgo climático en la planificación del desarrollo sectorial y territorial.
- Identificar, priorizar, implementar, evaluar y hacer seguimiento de medidas de adaptación para disminuir la vulnerabilidad ante eventos climáticos.

Define cinco líneas estratégicas para una adaptación planificada:

1. Concientizar sobre el cambio climático.
2. Generar información y conocimiento para medir el riesgo climático.
3. Planificar el uso del territorio.
4. Implementar acciones de adaptación.
5. Fortalecer la capacidad de reacción.

A partir de dichas líneas, se han incluido 11 planes territoriales de adaptación al cambio climático formulados, que requieren iniciar la implementación de sus acciones priorizadas.

Más información: magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/

Por cada \$1 invertido en el proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manzales se evitan \$2 de pérdidas asociados a algún evento de desastre





MARCO: La ECDBC es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo, que busca desligar el crecimiento de las emisiones de GEI del crecimiento económico Nacional.

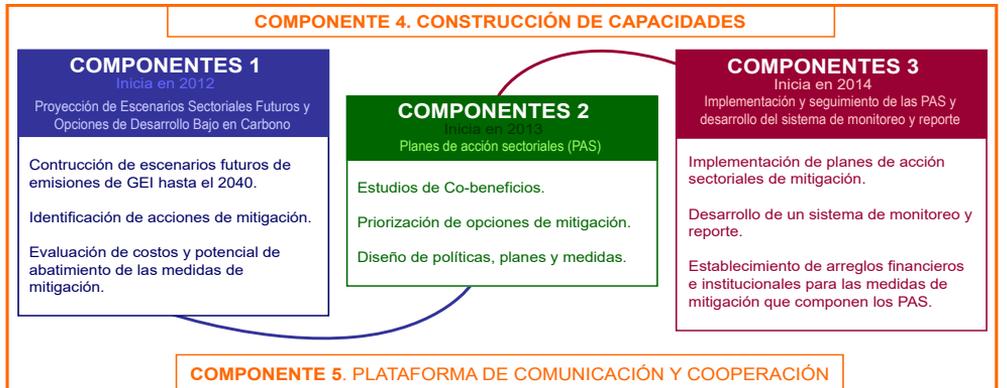
El objetivo que persigue la ECDBC es implementar planes, proyectos y políticas que eviten el incremento de las emisiones de GEI generadas por las actividades económicas del País a medida que crecen los sectores de actividad, contribuyendo a un desarrollo social y económico Nacional que sea sustentable con una emisiones generadas cada vez menores.

Con la ECDBC, Colombia seguirá desarrollándose económicamente, lo que significará bienestar para todos y al mismo tiempo tendrá un nivel bajo de emisiones



ACTORES PRINCIPALES: MADS, con apoyo de DNP y Ministerios Sectoriales (Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda, Residuos, Agricultura)

PROCESOS: Cuenta con cinco componentes, tal y como se muestra en la figura:



Más información: www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=469:planta-cambio-climatico-25#documentos

Planes de Acción Sectorial de Mitigación (PAS)

MARCO: Los PAS son el elemento de implementación de acciones, programas, medidas y políticas que tiendan a la mitigación en cada sector productivo del país, incluyendo al sector transporte. La metodología de diseño de los PAS se define en la ECDBC.

Se han definido 8 PAS: Transporte, Minas, Energía Eléctrica, Hidrocarburos, Industria, Agropecuario, Vivienda, Residuos Sólidos y Aguas Residuales.

ACTORES PRINCIPALES: MinTransporte para PAS del sector Transporte



MARCO: El objetivo principal de la Estrategia es reducir las emisiones de gases efecto invernadero, causadas por la deforestación y degradación de los bosques del país, conservar y aumentar las reservas de carbono a través del manejo sostenible los bosques, para así atenuar el cambio climático. ENREDD+ se inserta dentro del del contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y los esfuerzos internacionales para establecer el mecanismo REDD+.

ACTORES PRINCIPALES: MADS

PROCESOS: A nivel Nacional, se definen acciones para implementar sistema de monitoreo y reporte sobre el estado de la cobertura forestal, para así actuar para reducir la deforestación y degradación de los bosques.

A nivel Regional, se incluyen acciones a las eco-regiones de Amazonia, Pacífico, Andina, Caribe y Orinoquía, destinadas a reducir emisiones de GEI a través del uso sostenible, reforestación y regeneración de ecosistemas.

A nivel Local, se promueven iniciativas y proyectos de “implementación temprana”, que contribuyan a entender las dinámicas de las causas de la deforestación y degradación, para así reducirlas aprovechando las oportunidades de financiación que se presentan en el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF).

Más información: minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=439:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-32

UN-REDD
PROGRAMME

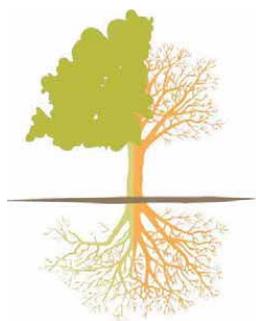


Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



Empowered lives.
Resilient nations.





MARCO: El objetivo de la Estrategia se sustenta en que para afrontar los retos del cambio climático es necesario incidir en los diferentes sectores gubernamentales, de la sociedad civil y la población en general para que a futuro, se fortalezcan las capacidades individuales, organizacionales e institucionales, y se contribuya a cambiar los comportamientos, actitudes, prácticas y formas de organizarse, para que desde ahora se facilite la adopción de medidas colectivas frente al cambio climático.

La conformación de esta Estrategia es el resultado de un trabajo realizado entre sectores e instituciones que conforman la mesa nacional del artículo 6 de la CMNUCC (*Educación, Formación y Sensibilización del Público*), integrada por diferentes entidades tanto públicas como privadas, institutos de investigación, organizaciones de la sociedad civil, la academia entre otros.

ACTORES PRINCIPALES: MADS, con apoyo de IDEAM

PROCESOS: La Estrategia tiene tres etapas:

1. Socialización y promoción.
2. Implementación de proyectos piloto y retroalimentación.
3. Implementación, donde cada entidad será la responsable de la implementación.

La asignación de recursos proviene del Presupuesto General de la Nación, además de recursos administrados por entidades ambientales, donde se está promoviendo el Fondo Nacional Ambiental.

Entre las acciones contempladas en el ámbito local, se incluyen acciones de promoción de la inclusión de los temas relacionados con el cambio climático en los instrumentos de planeación y ordenación territorial de las autoridades locales, para lo cual la Estrategia dispone de un eje de capacitación.

Otro de los ejes contemplados incorpora acciones de investigaciones sociales, económicas y ambientales sobre cambio climático en cada uno de los Departamentos de Colombia.

En el ámbito de concienciación e información de carácter general, la Estrategia ha contribuido en la creación del Portal Nacional de Cambio Climático (www.cambioclimatico.gov.co).

Más información: www.oab.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/estrategia-nacional-de-educacion-formacion-y-sensibilizacion-de-publicos-sobre-cambio-climatico

Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (PPCCA)

MARCO: La PPCCA se propone para todo el territorio nacional y se orienta a definir actividades que permitan gestionar el recurso aire de los centros urbanos, acorde con sus características específicas y sus problemáticas ambientales actuales y proyectadas.

En la Política, se define un Plan de Acción para alcanzar el cumplimiento de los objetivos con metas de corto (2014), mediano (2016) y largo plazo (2019), definiendo proceso de evaluación y revisión periódica. El Plan de Acción identifica las entidades responsables de su puesta en marcha y encargadas de la financiación.

ACTORES PRINCIPALES: MADS

PROCESOS: La PPCCA define diversos objetivos específicos, y para cada uno de ellos identifica las instituciones responsables de las actividades que proporcionarán los recursos para su implementación.

OBJETIVOS	FUENTE DE FINANCIACIÓN Y METAS A ALCANZAR
2. Identificar las principales fuentes de emisión de los contaminantes que afectan la salud humana y el bienestar de la población.	Autoridades ambientales, entes territoriales. META: Inventarios de emisiones realizados y consolidados a nivel Nacional.
4. Fortalecer espacios de coordinación, participación y capacitación que involucren a los diferentes actores relacionados con la prevención y control de la contaminación del aire.	MADS, IDEAM, Autoridades ambientales, entes territoriales. META: Mesas regionales de calidad del aire en operación.

Más información: www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_de_Prevenci%C3%B3n_y_Control_de_la_Contaminaci%C3%B3n_del_Aire.pdf

Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA)

MARCO: SISCLIMA se desarrolla en el marco de CONPES 3700 con el objetivo de configurar un esquema de articulación intersectorial de cambio climático, que facilite y fomente la formulación e implementación de las Políticas, Planes, Programas, Metodologías, Incentivos y Proyectos en materia de cambio climático, logrando la inclusión del clima como determinante para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo.

ACTORES PRINCIPALES: DNP

PROCESOS: La Comisión Interinstitucional de Cambio Climático (COMICC), que coordina SISCLIMA, cuenta con varias Mesas Orientadoras y Consultivas para las autoridades locales, incluyendo un Comité Transversal de Gestión Financiera, un Comité Transversal de Investigación, Producción y Comunicación de la Información de Cambio Climático y tres Comités Sectoriales que estarán conformados por Mesas de Trabajo, ofreciendo apoyo a los territorios para la elaboración de los Planes Territoriales de Adaptación a través de los Nodos Regionales de Cambio Climático.

Además, la COMICC será la encargada de la coordinación interinstitucional para la puesta en marcha de las Estrategias y Políticas descritas con anterioridad.

MARCO INSTITUCIONAL SISCLIMA

Comisión Interinstitucional de Cambio Climático (COMICC)
Coordinación del Gobierno Nacional para promover modelo de desarrollo económico sostenible y resiliente al cambio climático (DNP y MADS)

Comité Transversal de Gestión Financiera

Recomendar y orientar en la formulación de estrategias financieras para el cambio climático (DNP y SDAS)

Comité Transversal Investigación, Producción y Comunicación de Información

Coordinar acciones relacionadas con la gestión e la información, unificando métodos y criterios para el intercambio y agregación de datos (IDEAM)

Comité de asuntos Sectoriales

Coordinación técnica de acciones sectoriales (DNP y SDAS)

Comité de asuntos Territoriales

Coordinación técnica de acciones territoriales (MADS - DCC)

Comité de asuntos Internacionales

Marco Nacional-Internacional entre acciones (MRE)

LEY 1715 DE 2014: Se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, que presenta un impacto positivo en la mitigación del cambio climático derivado del transporte respecto a la recarga de vehículos eléctricos, que permitirá un ciclo cada vez más verde de consumo energético.

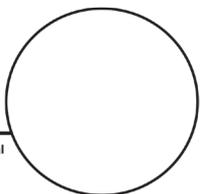
DOCUMENTO D.G.P.M.: El Comité de Asuntos Aduaneros Arancelarios y de Comercio Exterior dispone de ayudas directas en lo referente a reducción del arancel a 0 % para los vehículos eléctricos, híbridos o dedicados a gas natural.

PLAN ESTRATÉGICO INTERMODAL Y DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DE CARGA (PEIIT): Acción de planificación llevada a cabo por el Ministerio de Transporte, donde se definen las acciones para contar con un sistema logístico de carga a nivel nacional que integre las cadenas de abastecimiento y que promueva la intermodalidad en el transporte de carga.

DECRETO 1285 DEL 2015: Lineamientos de construcción sostenible para edificaciones, encaminados al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social.

Documentos Conpes

Consejo Nacional de Política Económica y Social
República de Colombia
Departamento Nacional de Planeación



A continuación se relacionan varios documentos CONPES aprobados con relación directa con las Políticas de Cambio Climático para el Transporte Urbano:

- » **CONPES 3700:** Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia.
- » **CONPES 3120:** Estrategia para el Mejoramiento de la Gestión Ambiental del Sector Eléctrico.
- » **CONPES 3260:** Política Nacional de Transporte Urbano Masivo.
- » **CONPES 3368:** Seguimiento a la Política Nacional de Transporte Urbano Masivo.
- » **CONPES 3489:** Política Nacional de Transporte Público Automotor de Carga.
- » **CONPES 3547:** Política Nacional Logística.
- » **CONPES 3718:** Política Nacional de Espacio Público, que se relaciona la problemática y las estrategias para promover el mejoramiento del espacio público en las ciudades colombianas.

- » **CONPES 3737:** Fortalecimiento del Programa Nacional de Transporte Urbano.
- » **CONPES 3759:** Lineamientos de Política para la modernización del transporte automotor de carga y declaratoria de importancia estratégica del Programa de Reposición y Renovación del Parque automotor de Carga.
- » **CONPES 3819:** Política Nacional para Consolidar el Sistemas de Ciudades en Colombia.

ANEXO Referencias Incluidas
en Soporte Digital

ANEXO

Referencias Incluidas en Soporte Digital

Esta sección presenta las referencias que han sido consultadas en la elaboración de la Guía. Todas ellas se incluyen en el Soporte Digital de la misma (https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/asuntos_ambientales/planes_y_proyectos/guia_de_cambio_climatico_para_la_movilidad_urbana).

DENOMINACIÓN SOPORTE DIGITAL	DOCUMENTO BIBLIOGRÁFICO	IDIOMA	ENTIDAD	AÑO
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS				
Curso Unitar				
Modulo 1 Crecimiento Urbano y Estrategias para el Transporte Sostenible	Módulo 1. Movilidad Urbana Sostenible en Países en Desarrollo	Español	UNITAR	2010
Modulo 2 Gestion de la movilidad Municipal	Módulo 2. Movilidad Urbana Sostenible en Países en Desarrollo	Español	UNITAR	2011
Modulo 3 Servicios de Transporte Publico	Módulo 3. Movilidad Urbana Sostenible en Países en Desarrollo	Español	UNITAR	2012
Modulo 4 Gestion, financiacion e Instituciones	Módulo 4. Movilidad Urbana Sostenible en Países en Desarrollo	Español	UNITAR	2013
Modulo 5 Energia y medio ambiente	Módulo 5. Movilidad Urbana Sostenible en Países en Desarrollo	Español	UNITAR	2014
Modulo 6 Seguridad y asuntos sociales	Módulo 6. Movilidad Urbana Sostenible en Países en Desarrollo	Español	UNITAR	2015
GIZ 2006 - Transporte sostenible para formuladores de política en ciudades de desarrollo				
1a_El papel del transporte en una politica de desarrollo urbano	El Papel del Transporte en una Política de Desarrollo Urbano	Español	GIZ	2006
1b_Instituciones de transporte urbano	Instituciones de Transporte Urbano	Español	GIZ	2006
1c_Participacion del sector privado	Participación del Sector Privado en la Provisión de Infraestructura de Transporte Urbano	Español	GIZ	2006
1d_Instrumentos economicos	Instrumentos Económicos	Español	GIZ	2006
1e_Generar conciencia ciudadana	Cómo Generar Conciencia Ciudadana sobre Transporte Urbano Sostenible	Español	GIZ	2006
1f_Financiacion SUT	Financiación del Transporte Urbano Sostenible	Español	GIZ	2006
1g_Transporte urbano de carga	Transporte Urbano de Carga para Ciudades en Desarrollo	Español	GIZ	2006
2a_Planificacion uso del suelo	Planificación del Uso del Suelo y Transporte Urbano	Español	GIZ	2006
2b_Gestion de la movilidad	Gestión de la Movilidad	Español	GIZ	2006

2c_Gestion de estacionamientos	Gestión de Estacionamientos: Una Contribución hacia Ciudades más Amables	Español	GIZ	2006
3a_Opciones transporte publico masivo	Opciones de Transporte Publico Masivo	Español	GIZ	2006
3b_TMRB	Transporte Masivo Rápido en Autobuses TMRB	Español	GIZ	2006
3c_Regulacion y planificacion de buses	Regulación y Planificación de Buses	Español	GIZ	2006
3d_Transporte no motorizado	Preservar y Expandir el Papel del Transporte No-motorizado	Español	GIZ	2006
3e_Desarrollo sin automoviles	Desarrollo Sin Automóviles	Español	GIZ	2006
4a_Combustibles y tecnologias vehiculares	Combustibles y Tecnologías Vehiculares Más Limpias	Español	GIZ	2006
4b_Inspeccion y mantenimiento	Inspección, Mantenimiento y Revisiones de Seguridad	Español	GIZ	2006
4c_Vehiculos de dos y tres ruedas	Vehículos de Dos y Tres Ruedas	Español	GIZ	2006
4d_Vehiculos a gas natural	Vehículos a Gas Natural	Español	GIZ	2006
4e_ITS	Sistemas de Transporte Inteligentes	Español	GIZ	2006
4f_Conduccion racional	Conducción Racional	Español	GIZ	2006
5a_Gestion de calidad del aire	Gestión de Calidad del Aire	Español	GIZ	2006
5b_Seguridad vial urbana	Seguridad Vial Urbana	Español	GIZ	2006
5c_El ruido y su mitigacion	El Ruido y su Mitigación	Español	GIZ	2006
5d_MDL en el sector transporte	El MDL en el Sector Transporte	Español	GIZ	2006
5e_Transporte y cambio climatico	Transporte y Cambio Climático	Español	GIZ	2006
5f_Adaptacion	Adaptación del Transporte Urbano al Cambio Climático	Español	GIZ	2006
5g_Transporte urbano y salud	Transporte Urbano y Salud	Español	GIZ	2006
5h_Transporte urbano y eficiencia energetica	Transporte Urbano y Eficiencia Energética	Español	GIZ	2006
7a_Genero y transporte urbano	Género y Transporte Urbano: Inteligente y Asequible	Español	GIZ	2006
CAF 2010 - Movilidad Urbana Espacio Medio Ambiente y Equidad	Análisis de la Movilidad Urbana Espacio, Medio Ambiente y Equidad	Español	CAF	2010
CAF 2011 - desarrollourbano_y_movilidad_americalatina	Desarrollo Urbano y Movilidad en América Latina	Español	CAF	2011
GIZ 2014 - Tools for sustainable transport experts	Tools for Sustainable Urban Transport Experts	Inglés	GIZ	2014
GIZ 2015 - Presentation Transporte Sustentable Georg Schmid	Experiencias Internacionales de Implementación de Medidas de Eficiencia Energética	Español	GIZ	2015

Goldman y Gorham 2006 - Sustainable urban transport	Sustainable Urban Transport: Four Innovative Directions	Inglés	Goldman y Gorham	2006
Jacob at al 2010 - Climate Change in Transport	Climate Change and Urban Transportation Systems	Inglés	Jacob	2010
UPME 2015 - Plan Energetico Nacional Colombia	Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050	Español	UPME	2015

CAPÍTULO 2. MITIGACIÓN

ACE 2012 - Valoracion de Escenarios de Movilidad Urbana frente al Cambio Climatico	Enfoque Metodológico para la Valoración de Escenarios de Movilidad Urbana frente al Cambio Climático	Español	ACE	2012
BID 2013 - Distribucion Urbana de Mercancias.	Distribución Urbana de Mercancías: Estrategias con Centros Logísticos	Español	BID	2013
CAF 2012 - Causas y Consecuencias de la propiedad y uso Motos	Causas y consecuencias de la adquisición y uso de motocicletas: una revisión de la literatura científica	Español	CAF	2012
CEER 2011 - La economía del mototaxismo. El caso de Sincelejo	La economía del mototaxismo: el caso de Sincelejo	Español	CEER	2011
CEPAL 2014 - Eficiencia Energetica y Movilidad	Eficiencia Energética y Movilidad en América Latina y el Caribe	Español	CEPAL	2014
DALKMANN 2011 - Presentacion opciones de mitigacion en transporte	Avoid - Shift - Improve. Policies and measures to mitigate climate and promote sustainable transport	Inglés	Dalkmann	2011
EMEP-EEA 2013 - Air pollutant emission inventory guidebook	Air pollutant emission inventory guidebook 2013	Inglés	EMEP/EEA	2013
EMEP-EEA 2015 - Road transport GB2013 update Sept2014	Guidebook EMEP CORINAIR: Tablas	Inglés	EMEP/EEA	2015
EPA 2015 - MOVES2014	Greenhouse Gas and Energy Consumption Rates for On-road Vehicles - Updates for MOVES2014	Inglés	EPA	2015
GIZ 2009 - Transportation Demand Management	Gestión de la demanda de transporte	Español	GIZ	2009
GIZ 2013 - Low Carbon Transport	Low Carbon Transportation	Inglés	GIZ	2011
GIZ 2013 - Reporting and Inventorying	GHG Reporting and Inventorying in Germany - Assessing transport related emissions	Inglés	GIZ	2013
GIZ 2014 - Modelling GHG Emissions of Road Transport	Modelling Energy Consumption and GHG Emissions of Road Transport in China	Inglés	GIZ	2014
UNEP 2011 - Technologies for Climate Change Mitigation	Technologies for Climate Change Mitigation - Transport Sector	Inglés	UNEP	2011
UNIANDES 2009 - Niveles de Material Particulado en Colegios	Niveles de Material Particulado en Colegios Distritales ubicados en Vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: Estudio Piloto	Español	UNIANDES	2009

UNIANDES 2015 - Fichas sector transporte	Fichas sector transporte	Español	UNIANDES	2015
UNIANDES PNUD 2014 - Analisis de opciones de Mitigacion	Análisis del Sector Transporte	Español	UNIANDES	2014
UNIANDES PNUD 2014 - Anexos	Análisis del Sector Transporte - Anexos	Español	UNIANDES	2014
UNIANDES PNUD 2014 - Presentacion	Línea Base Transporte	Español	UNIANDES	2014
UPME 2012 - Proyeccion Demanda Combustibles Liquidos y GNV	Proyección de Demanda de Combustibles Líquidos y GNV en Colombia	Español	UPME	2012
UPME 2014 - Proyeccion Demanda Energetica	Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia	Español	UPME	2014
USAID 2014 - Analisis de autopistas urbanas	Concepto Técnico - Autopistas Urbanas	Español	USAID	2014
USAID 2014 - Propuestas de mitigacion	Recomendaciones para la Identificación y Estimación de las Contribuciones Nacionales en el marco de la UNFCC	Español	USAID	2014
USAID 2015 - Espacio Compartido y Cicloinclusividad	Revisión de experiencias Internacionales sobre Espacio Compartido y Ciclo-Inclusividad	Español	USAID	2015

CAPÍTULO 3. ADAPTACIÓN

CAF 2013 - Programa de adaptacion al cambio climatico	Programa de Adaptación al Cambio Climático	Español	CAF	2013
CARE 2015 - Indicadores para la Adaptacion Comunitaria	Esquema de Hitos e Indicadores para la Adaptación Comunitaria	Español	CARE	2015
CDKN 2015 - Riesgo Climatico Red Vial Primaria - Resumen Ejecutivo	La red vial primaria de Colombia frente al Cambio Climático - Resumen Ejecutivo	Español	CDKN	2015
DNP 2014 - Impactos Economicos del Cambio Climatico en Colombia	Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia	Español	DNP	2014
EEA 2014 - Adaptation of transport to climate change	Adaptation of Transport to Climate Change in Europe	Inglés	EEA	2014
IDEAM 2015 - Escenarios Cambio Climatico 2100	Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100	Español	IDEAM	2015
MADS 2014 - Conceptos basicos de adaptacion del PNACC	PNACC. ABC: Adaptación Bases Conceptuales	Español	MADS	2014
MH 2013 - Proteccion Financiera ante Desastres	Protección Financiera ante Desastres por Fenómenos de la Naturaleza - Caso Colombia	Español	MH	2013
MT 2015 - Presentacion en la Feria Adaptacion	Sector Transporte. Adaptación al cambio climático	Español	MT	2015
UNIANDES 2015 - Cambio Climático	Cambio Climático - Lo que está en juego	Español	UNIANDES	2015

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACION DE PROYECTOS

2a Comunicacion Nacional				
2a Comunicacion Anexos	Anexos	Español	GC	2010
2a Comunicacion Capitulo 1	Circunstancias Nacionales	Español	GC	2010
2a Comunicacion Capitulo 2	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	Español	GC	2010
3a Comunicacion Capitulo 3	Mitigación	Español	GC	2010
3a Comunicacion Capitulo 4	Vulnerabilidad	Español	GC	2010
4a Comunicacion Capitulo 5	Adaptación	Español	GC	2010
4a Comunicacion Capitulo 6	Educación, Formación y Sensibilización a Públicos	Español	GC	2010
5a Comunicacion Capitulo 7	Obstáculos, Carencias y Necesidades	Español	GC	2010
2a Comunicacion Executive Summary	Executive Summary	Inglés	GC	2010
Estudios de Caso				
EGC 2016 - Premio Capital Verde Europea 2016	European Green Capital - Premio Capital Verde Europea 2016. Cambio Climático: Mitigación y Adaptación	Español	EGC	2016
EMBARQ 2014 - Social-Environmental-Economic-Impacts-BRT	Social, Environmental and Economic Impacts of BRT Systems	Inglés	EMBARQ	2014
Green Alliance 2012 - UK Case Study - Green cities	Green Cities - Using city deals to drive low carbon growth	Inglés	Green Alliance	2012
MT 2015 - NAMA Unilateral de carga carretera	Mejoramiento Integrado del Transporte Carretero de Carga en Colombia NAMA Unilateral	Español	MT	2015
Políticas Nacionales - CONPES				
Conpes 3167 2002 - PNTU	Política para Mejorar el Servicio de Transporte Público Urbano de Pasajeros	Español	CONPES	2002
Conpes 3260 2003 - PNTUM	Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo	Español	CONPES	2003
Conpes 3273 2004 - Autorizacion credito SITM 600 USD millones	Autorización a la Nación para Contratar operaciones de crédito externo con la banca multilateral hasta por US\$600 millones. SITM	Español	CONPES	2004
Conpes 3305 2004 - Lineamientos para optimizar la politica de desarrollo urbano	Lineamientos para Optimizar la Política de Desarrollo Urbano	Español	CONPES	2004
Conpes 3368 2005 - PNTUM - Seguimiento	Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo - Seguimiento	Español	CONPES	2005

Conpes 3465 2008 - Autorización crédito SITM 1400 USD millones	Concepto favorable a la Nación para contratar empréstitos externos con bancos u organismos multilaterales, banca comercial y otras fuentes alternativas de fondeo hasta por un valor de US\$1440 millones. SITM	Español	CONPES	2007
Conpes 3512 2008 - Concesión sistema ferroviario	Importancia Estratégica del Proyecto de Concesión Sistema Ferroviario Central	Español	CONPES	2008
Conpes 3547 2008 - Política Nacional Logística	Política Nacional Logística	Español	CONPES	2008
Conpes 3658 2010 - Centros históricos	Lineamientos de Política para la Recuperación de los Centros Históricos de Colombia	Español	CONPES	2010
conpes 3718 2012 - Espacio público	Política Nacional de Espacio Público	Español	CONPES	2012
Conpes 3819 2014 - Sistema de Ciudades	Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia	Español	CONPES	2014
CONPES ARMENIA 3572	Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para la Ciudad de Armenia	Español	CONPES	2009
CONPES BARRANQUILLA 3306	Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Distrito de Barranquilla y su Área Metropolitana	Español	CONPES	2004
CONPES BARRANQUILLA SEG-MOD 3348	Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Distrito de Barranquilla y su Área Metropolitana - Seguimiento	Español	CONPES	2005
CONPES BARRANQUILLA SEG-MOD 3539	Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Distrito de Barranquilla y su Área Metropolitana - Seguimiento y Modificación	Español	CONPES	2008
CONPES BOGOTÁ 2999	Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros para la ciudad de Santa Fe de Bogotá	Español	CONPES	1998
CONPES BOGOTÁ 3677	Movilidad Integral para la Región Capital Bogotá - Cundinamarca	Español	CONPES	2010
CONPES BOGOTÁ SEG 3093	Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros de Bogotá - Seguimiento	Español	CONPES	2000
CONPES BOYACÁ 3745	Programa Estratégico de Conectividad Vial para Boyacá	Español	CONPES	2013
CONPES BUCARAMANGA 3298	Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana de Bucaramanga	Español	CONPES	2004

CONPES BUCARAMANGA SEG-MOD 3370	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana de Bucaramanga - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2005
CONPES BUCARAMANGA SEG-MOD 3552	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana de Bucaramanga - Seguimiento y Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2008
CONPES CALI 3166	<i>Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Santiago de Cali - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2002
CONPES CALI 3369	<i>Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Santiago de Cali - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2005
CONPES CALI 3504	<i>Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Santiago de Cali - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2007
CONPES CARTAGENA 3259	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Distrito de Cartagena - Transcaribe</i>	<i>Español</i>	CONPES	2003
CONPES CARTAGENA SEG-MOD 3516	<i>Sistema Integrado de Transporte Masivo para el Distrito de Cartagena D.T. y C. Seguimiento y Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2008
CONPES DOSQUEBRADAS 3617	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana del Centro Occidente (AMCO) - Megabús - Financiación Intercambiador de Dosquebradas</i>	<i>Español</i>	CONPES	2009
CONPES MONTERIA 3638	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para el Municipio de Montería</i>	<i>Español</i>	CONPES	2010
CONPES PASTO 3549	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para la Ciudad de Pasto</i>	<i>Español</i>	CONPES	2008
CONPES PASTO SEG 3682	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para la Ciudad de Pasto - Seguimiento y Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2010
CONPES PEREIRA 3220	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana del Centro Occidente</i>	<i>Español</i>	CONPES	2003
CONPES PEREIRA SEG 3416	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana del Centro Occidente - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2006

CONPES PEREIRA SEG-MOD 3503	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Área Metropolitana del Centro Occidente - Seguimiento y Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2007
CONPES POPAYAN 3602	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para la Ciudad de Popayán</i>	<i>Español</i>	CONPES	2009
CONPES SANTA MARTA 3548	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para el Distrito Turístico Cultural e Histórico de Santa Marta</i>	<i>Español</i>	CONPES	2008
CONPES SINCELEJO 3637	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para el Municipio de Sincelejo</i>	<i>Español</i>	CONPES	2010
CONPES SOACHA 3185	<i>Propuesta para Mejorar la Movilidad entre Bogotá y Soacha: Extensión de la Troncal Norte-Quito-Sur del Sistema Transmilenio</i>	<i>Español</i>	CONPES	2002
CONPES SOACHA SEG 3404	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Municipio de Soacha como una extensión de la troncal norte-quito-sur del sistema Transmilenio - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2005
CONPES SOACHA SEG-MOD 3681	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Municipio de Soacha como una extensión de la troncal norte-quito-sur del sistema Transmilenio - Seguimiento y Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2010
CONPES VALLE DE ABURRA 3307	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Valle de Aburra</i>	<i>Español</i>	CONPES	2004
CONPES VALLE DE ABURRA MOD 3349	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Valle de Aburra - Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2005
CONPES VALLE DE ABURRA SEG 3573	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Valle de Aburra - Seguimiento y Modificación</i>	<i>Español</i>	CONPES	2009
CONPES VALLE DE ABURRA SEG-MOD 3452	<i>Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Valle de Aburra - Seguimiento</i>	<i>Español</i>	CONPES	2006
CONPES VALLEDUPAR 3656	<i>Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros para el Municipio de Valledupar</i>	<i>Español</i>	CONPES	2010
ASOBANCARIA 2012 - Protocolo Verde	Protocolo Verde	<i>Español</i>	ASOBANCARIA	2012

Climate finance transport projects matrix 1.8 - 2015	Climate finance transport projects Database (Beta Version - 20th October, 2015)	Inglés	CF	2015
CONFIS 2011 - Reduccion del Arancel a 0% para vehiculos electricos	Acumulación del contingente no utilizado con reducción del arancel a 0% para vehículos eléctricos, híbridos o dedicados a gas natural	Español	CONFIS	2011
Decreto 298 del 24 de febrero de 2016 - Sistema Nacional del Clima	Sistema Nacional de Cambio Climático	Español	MADS	2016
Decreto 1807 de 2014 - Gestion del riesgo	Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POT	Español	MinVivienda	2014
DNP 2015 - Proyecto tipo 12 Construccion de vias urbanas de bajo transito	Proyecto tipo 12 Construcción de vías urbanas de bajo transito con pavimento rígido	Español	DNP	2015
DNP 2015 - Proyecto Tipo 13 Cicloinfraestructura	Proyecto Tipo 13 Construcción de cicloinfraestructura	Español	DNP	2015
Embarq 2013 - Colombia Informe Diagnostico y Recomendaciones Politicas Publicas	Políticas Públicas de Movilidad Sostenible en Colombia	Español	EMBARQ	2013
GIZ 2005 - The Role of Transport in Urban Development Policy	The Role of Transport in Urban Development Policy	Inglés	GIZ	2005
GIZ 2014 - Navigating Transport NAMAs	Navigating Transport NAMAs - Handbook	Inglés	GIZ	2014
GIZ 2016 - Reference Document Transport-MRV	Reference Documento on Measurement, Reporting and Verification in the Transport Sector	Inglés	GIZ	2016
ICONTEC 2015 - END085 Guía para la formulacion y evaluacion de proyectos de desarrollo bajo en carbono	END085 Guía para la formulación y evaluación de proyectos de desarrollo bajo en carbono	Español	ICONTEC	2015
IDAE 2006 - Guia PMUS	Guía para la Elaboración e Implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible	Español	IDAE	2006
IDAE 2006 - Guia PTT	Guía para la Elaboración e Implantación de Planes de Transporte al Centro de Trabajo	Español	IDAE	2006
IDEAM 2001 - Primera comunicacion nacional	Primera Comunicación Nacional ante la CMNUCC	Español	IDEAM	2001
IDEAM 2010 - Estrategia Nacional de Educacion, Formacion y Sensibilizacion	Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático	Español	IDEAM	2010
IDEAM 2015 - iNDC oficial colombia	Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional iNDC	Español	IDEAM	2015
Ley 1715 2014 - Integracion Energias Renovables no Convencionales	Integración Energías Renovables no Convencionales al Sistema Energético Nacional	Español	GC	2014
Ley 1753 2015 - Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018	Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018	Español	GC	2015

MADS 2010 - Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire	Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire	Español	MADS	2010
MADS 2014 - Proyectos NAMA en Colombia	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs) en Colombia	Español	MADS	2014
MADS 2015 - Contribucion Nacional INDC	Contribución Prevista y Nacionalmente Determinada (INDC) de Colombia	Español	MADS	2015
MADS 2015 - ABC de los Compromisos de Colombia para la COP21	El ABC de los Compromisos de Colombia para la COP21	Español	MADS	2015
MADS 2015 - Portafolio NAMAS DCC	Listado de NAMAs en Curso	Español	MADS	2015
MinMinas 2010 - PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales - PROURE	Español	MinMinas	2010
MinTransporte 2014 - PAS-VF Corregido	Plan de Acción Sectorial de Mitigación (PAS) Sector Transporte	Español	MinTransporte	2014
Plan Vías-CC 2014	Plan Vías-CC: Vías compatibles con el clima	Español	GC	2014
SGR 2012 - Guia Uso Eficiente Recursos	Guía para el Uso Eficiente de los Recursos	Español	SGR	2012
UNIANDES 2010 - Políticas de transporte en Colombia y el Reino Unido	La Movilidad Urbana en Colombia y Reino Unido: Marco de Actuación, Políticas y Potencial de Fortalecimiento	Español	UNIANDES	2010
UNIANDES 2015 - Bicicleta y salud en America Latina	Revisión Sistemática de los Beneficios en Salud del Uso de la Bicicleta en Poblaciones de América Latina	Español	UNIANDES	2015
USAID 2015 - Conceptualizacion MRV Anexo 2	Conceptualización Técnica de Monitoreo de NAMAs de Transporte Urbano de Pasajeros en Colombia Anexo 2	Español	USAID	2015
USAID 2015 - Conceptualizacion MRV Anexo 3	Conceptualización Técnica de Monitoreo de NAMAs de Transporte Urbano de Pasajeros en Colombia Anexo 3	Español	USAID	2015
USAID 2015 - Conceptualizacion tecnica de MRV de NAMAS	Conceptualización Técnica de Monitoreo de NAMAs de Transporte Urbano de Pasajeros en Colombia	Español	USAID	2015

Guía de

Cambio Climático

para la Movilidad Urbana

El Cambio Climático es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad en pleno siglo XXI. Sin duda alguna es una amenaza contra el medio ambiente que va creciendo día a día, con efectos ya evidentes en numerosas regiones del planeta, incluida Colombia. El sector transporte, por su parte, es uno de los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero en el país, por lo que es prioritario aumentar el conocimiento de las autoridades locales y regionales sobre las características e impactos del transporte en el cambio climático y de las opciones disponibles para adaptarnos a él y mitigar emisiones.

Con el propósito de crear y fortalecer las capacidades en los gobiernos y autoridades locales para formular proyectos de movilidad urbana que contribuyan a enfrentar el cambio climático, la Unidad de Movilidad Urbana Sostenible, adscrita a la Dirección de Transporte y Tránsito del Ministerio de Transporte, ha desarrollado la presente Guía, que sirve de apoyo a la toma de decisiones en distintas fases de la gestión de proyectos de adaptación y mitigación.

