

Rutas de instrumentación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) de las industrias química, petroquímica, alimentos y bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelera y automotriz en México.

Informe Final



Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: **Rigoberto Roa González**. Número de Contrato: IC-2016-117

Para mayor información sobre este estudio, consultar con la Coordinación General de Mitigación del Cambio Climático del INECC.

Citar como:

INECC-PNUD México. 2017. *Rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) de las industrias, química, petroquímica, alimentos – bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelera y automotriz en México*. Proyecto 85488 "Sexta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", Rigoberto Roa González. 93 pp, México

Contenido

Lista de figuras.....	5
Lista de gráficas	5
Lista de tablas.....	6
Acrónimos	7
Unidades	10
Resumen Ejecutivo	11
1. Introducción	13
2. Antecedentes.....	16
2.1 Unidades económicas.....	16
2.2 Análisis del consumo energético para el sector industrial	19
2.3 Uso de combustibles	20
2.4 Línea base de emisiones de GEI para el sector industrial	22
2.5 Indicador de uso de energía por unidad de PIB.....	22
3. Metodología para la instrumentación de las rutas de mitigación para cumplir con la CND	24
3.1 Determinación del BAU	25
3.2 Identificación de medidas de mitigación	26
3.3 Determinación de la proyección de emisiones con medidas de mitigación	30
3.4 Identificación de necesidades, barreras y acciones.....	30
3.5 Costos de implementación y abatimiento	31
3.5.1 Costos de implementación	31
3.5.2 Costos de abatimiento.....	32
3.6 Planteamiento general de MRV para las rutas de mitigación acorde a la CND	32
3.7 Ruta tecnológica para la mitigación emisiones de GEI el sector industrial de menor intensidad de generación.....	33
4. Desarrollo de las rutas de mitigación acorde a la CND	34
4.1 Determinación del BAU	34
4.1.1 Componentes del proceso	34
4.2.2 BAU por sector industrial.....	34
4.2 Identificación de medidas de mitigación	37

4.3 Determinación de la proyección de emisiones con medidas de mitigación	39
4.4 Identificación de necesidades y barreras.....	44
4.5 Facilitadores	47
4.5.1 Programas.....	47
<i>Programa 1.....</i>	<i>47</i>
<i>Programa 2.....</i>	<i>48</i>
<i>Programa 3.....</i>	<i>48</i>
<i>Programa 4.....</i>	<i>48</i>
<i>Programa 5.....</i>	<i>49</i>
<i>Programa 6.....</i>	<i>49</i>
4.5.2 Instrumentos	50
4.5.3 Fondos	50
<i>Fondo 1.....</i>	<i>50</i>
<i>Fondo 2.....</i>	<i>51</i>
<i>Fondo 3.....</i>	<i>51</i>
4.6 Costos implementación y abatimiento.....	51
4.6.1 Costos de implementación	51
4.6.2 Costos de abatimiento.....	57
4.7 Planteamiento general de MRV para las rutas de mitigación acorde a la CND	59
4.8 Ruta tecnológica para la mitigación emisiones de GEI el sector industrial de menor intensidad de generación.....	86
4.8.1 Pilares para el desarrollo de la ruta tecnológica para la mitigación de GEI	86
4.8.2 Plan de implementación	87
5. Conclusiones.....	88
6. Referencias.....	91

Lista de figuras

Figura 1.- Distribución geográfica de empresas del sector MNF por entidad federativa.....	18
Figura 2. Distribución geográfica de empresas del sector Químico por entidad federativa	18
Figura 3. Distribución geográfica de empresas del sector Vidrio por entidad federativa.	18
Figura 4. Distribución geográfica de empresas del sector Papelero por entidad federativa.	18
Figura 5. Distribución geográfica de empresas del sector Automotriz por entidad federativa.	18
Figura 6.- Metodología general para construcción de acciones de mitigación.	25
Figura 7. Paquete de medidas para el sector industrial por tipo de objetivo de mitigación.....	28
Figura 8.- Ejemplo de gráfica donde se considera la implementación de medidas sobre las emisiones estimadas (BAU).	30
Figura 9.- Diagrama general de estructura de responsabilidad MRV.....	33
Figura 10.- Diagrama de responsabilidades MRV.....	66

Lista de gráficas

Gráfica 1.- Universo de empresas DENUÉ sectores de interés.....	17
Gráfica 2.- Histórico de consumo energético total por sectores. México 2000-2015.....	19
Gráfica 3.- Histórico de consumo energético por rama industrial. México 2000-2015.	19
Gráfica 4. Perfil por tipo de energía para la industria de MNF.....	21
Gráfica 5.- Perfil por tipo de energía para la industria química.	21
Gráfica 6.- Perfil por tipo de energía para la industria de alimentos y bebidas	21
Gráfica 7.- Perfil por tipo de energía para la industria del vidrio.	21
Gráfica 8.- Perfil por tipo de energía para la industria papelera.	22
Gráfica 9.- Perfil por tipo de energía para la industria automotriz.	22
Gráfica 10.-BAU para la industria básica MNF. México 2013-2030.....	35
Gráfica 11.- BAU para la industria química. México 2015-2030.....	35
Gráfica 12.- BAU para la industria petroquímica. México 2015-2030.....	36
Gráfica 13.- BAU para la industria de alimentos y bebidas. México 2015-2030.	36
Gráfica 14.- BAU para la industria vidriera. México 2015-2030.	36
Gráfica 15.- BAU para la industria papelera. México 2015-2030.	36
Gráfica 16.- BAU para la industria automotriz. México 2015-2030.....	36
Gráfica 17.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector MNF.....	37
Gráfica 18.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Químico.	37
Gráfica 19.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Petroquímico.....	38
Gráfica 20.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Alimentos y bebidas.	38
Gráfica 21.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Vidrio.	38
Gráfica 22.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Papel.	38
Gráfica 23.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Automotriz.	39
Gráfica 24.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector MNF. México 2015-2030.	42

Gráfica 25.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Químico. México 2015-2030.	42
Gráfica 26.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Petroquímico. México 2015-2030.	43
Gráfica 27.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Alimentos y bebidas. México 2015-2030.	43
Gráfica 28.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Vidrio. México 2015-2030.	43
Gráfica 29.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Papel. México 2015-2030.	43
Gráfica 30.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Automotriz. México 2015-2030.	44
Gráfica 31.- Análisis de necesidades y barreras para el Grupo de sectores de interés.	45
Gráfica 32.- Análisis de necesidades y barreras para el sector MNF.	45
Gráfica 33.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Químico.	45
Gráfica 34.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Petroquímico.	45
Gráfica 35.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Alimentos y bebidas.	46
Gráfica 36.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Vidrio.	46
Gráfica 37.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Alimentos y bebidas.	46
Gráfica 38.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Vidrio.	46
Gráfica 39. Curva de abatimiento de costos para las Rutas tecnológicas.	58

Lista de tablas

Tabla 1.-Relación de unidades económicas reportadas en DENU 2017.	16
Tabla 2.-Relación de producción contra consumo reportado por los sectores (tCO ₂ /PIB).	23
Tabla 3.- Caracterización de medidas propuestas.	28
Tabla 4.- BAU por sector industrial. México 2015-2030.	35
Tabla 5.- Resultados y análisis de la proyección de mitigación con respecto al BAU.	40
Tabla 6.- Detalle de estrategia MRV para sectores de interés parte 1.	67
Tabla 7.- Detalle de estrategia MRV para sectores de interés parte 2.	76

Acrónimos

Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación	NAMA, por sus siglas en inglés
Agencia Internacional de Energía	IEA
Agencia Internacional de Energías Renovables	IRENA
Alimentos y Bebidas (sector)	AB
Amoniaco (sector)	AM
Asociación Mexicana de Envase y Embalaje, A.C.	AMEE
Asociación Mexicana de la Industria Automotriz	AMIA
Asociación Nacional de la Industria Química	ANIQ
Asociación Mexicana de Unidades de Verificación en Auditoría Ambiental	AMUVAA
Asociación Nacional de Fabricantes de Medicamentos, A.C.	ANAFAM
Asociación Nacional de Normalización y Certificación, A.C.	ANCE
Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, AC	ANPACT
Automotriz (sector)	A
Balance Nacional de Energía	BNE
Banco Interamericano de Desarrollo	BID
Banco Mundial	BM
<i>Bussiness-As-Usual</i>	BAU
Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos	CANAFEM
Cámara Nacional de la Industria de Aceites y. Grasas Comestibles	CANIAG
Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias	CANAICA
Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica	CANIFARMA
Cámara Nacional de la Industria de Transformación	CANACINTRA
Cámara Nacional de la Industria del Aluminio	CANACERO
Cámara Nacional de la Industria Panificadora	CANAINPA
Cámara Nacional del Maíz Industrializado	CANAMI
Cambio de Insumo	CI
Cambio de Tecnología	CT
Cédula de Operación Anual	COA
Centro de Investigación	CINV
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados	CINVESTAV
Centro Mexicano de Innovación en Energía	CEMIE
Centro Nacional de Control del Gas Natural	CENAGAS
Certificado de Energías Limpias	CEL
Cogeneración (Medidas de)	CG

Combined Heat and Power	CHP
Comisión Federal de Electricidad	CFE
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía	CONUEE
Comisión Reguladora de Energía	CRE
Compuestos y Gases de Efecto Invernadero	CyGEI
Confederación de Cámaras Industriales	CONCAMIN
Consejo Mexicano de la Industria de Productos de Consumo A.C.	CONMEXICO
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
Contribución Nacionalmente Determinada	CND (NDC)
Demanda de Alto Consumo Doméstico	DAC
Dependencia Privada	DP
Diodo emisor de luz	LED, por sus siglas en inglés
Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas	DENUE
Eficiencia Energética (medidas)	EE
Empresas de sector privado	ESP
Empresas de Servicios Energéticos	ESCO
Energías Limpias	EL
Energías Renovables (medidas)	ER
Estados Unidos de América	EE.UU.
Estrategia Nacional de Energía	ENE
<i>European Photovoltaic Industry Association</i>	EPIA
Fideicomiso de Riesgo Compartido	FIRCO
Fideicomiso para el ahorro de energía	FIDE
Fondo de Innovación Tecnológica	FIT
Fondo de Sustentabilidad Energética	FSE
Fondo Mundial del Medio Ambiente	GEF, por sus siglas en inglés <i>Global Environment Facility</i>
Fondo Mundial para la Naturaleza	WWF, por sus siglas en inglés <i>World Wildlife Fund</i>
Gases Efecto Invernadero	GEI
Gases y Compuestos de Efecto Invernadero	GyCEI
Gasto Federal de Ciencia y Tecnología	GFCyT
Instituto del Aluminio, A.C.	IMEDAL
Industria Nacional de Autopartes	INA
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	INECC
Instituto Nacional de Estadística y Geografía	INEGI
<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>	IPCC
Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero	INEGEI
Inventario Nacional de Energías Renovables	INERE

Ley de Ciencia y Tecnología	LCyT
Ley de Transición Energética	LTE
Ley General de Cambio Climático	LGCC
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	LGDFS
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	LGEEPA
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	LPGGIR
Licencia Ambiental Única	LAU
Mecanismo de Desarrollo Limpio	MDL
Medición, Reporte y Verificación	MRV
Metales no ferrosos	MNF
Micro, Pequeñas y Mediana Empresas	MIPYMES
<i>National Greenhouse Gas Inventory</i>	NGGI
Normalización y Certificación, S.C.	NYCE
Organismo no Gubernamental	ONG
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial	ONUFI
Organización Internacional	ORG.INT.
Organización Internacional de Normalización	ISO (Por sus siglas en inglés <i>International Organization for Standardization</i>)
Organización Latinoamericana de Energía	OLADE
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	OCDE
Papel / Papelero (sector)	P
Pequeña y Mediana Empresa	PyMES
Petroquímica (sector)	PQ
Plan Nacional de Desarrollo	PND
Planes Estatales de Inversión en Energías Limpias	PEIEL
Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y el Clima	REGATTA
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	PROFEPA
Producto Interno Bruto	PIB
Programa de Estímulos a la Innovación	PEI
Programa Especial de Cambio Climático	PECC
Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables	PEAER
Programa Liderazgo Ambiental para la Competitividad	PLAC
Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de Energía	PRONASE
Programa Sectorial de Energía	PROSENER
Prospectiva de Talento del Sector Energía	PROTASE
Proyecto de Desarrollo de Tecnologías de Energía Sustentable	PRODETES
Químico (sector)	Q
Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes	RETC

Registro de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas	RENIECYT
Registro Nacional de Emisiones	RENE
Secretaría de Economía	SE
Secretaría de Energía	SENER
Secretaría de Hacienda y Crédito Público	SHCP
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	SEMARNAT
Sistemas de Gestión de la Energía	SGEn
Sistema de Información Energética	SIE
Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables	SIGER
Sistema Nacional de Identificación de Capital Humano Especializado para el Sector Energético Mexicano	SINASEN
Tasa Interna de Retorno	TIR
Unidades Económicas	UE
Valor Presente Neto	VPN
Vidrio (sector)	V

Unidades

Bióxido de carbono	CO_2
Grados Celsius	$^{\circ}C$
Hexafluoruro de Azufre	SF_6
Hidrofluorocarbonos	HFC
Kilowatt hora	kWh
Metano	CH_4
Óxido nitroso	N_2O
Petajoules	PJ
Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente	tCO_2eq
Toneladas de Dióxido de Carbono por Producto Interno Bruto	tCO_2/PIB
Volt / Voltio	V
Watt	W

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto llamado "Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) de las industrias, química, petroquímica, alimentos – bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelería y automotriz en México, como insumo para la Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático", tiene como objetivo generar propuestas de mitigación de emisiones en siete sectores industriales con relevancia en el país.

Como parte medular de esta metodología, se realizó un análisis de los procesos productivos y del perfil de consumo energético de los sectores de interés. Los resultados obtenidos permitieron identificar de manera general que si bien el sector industrial en su mayoría cuenta con descripción de sus procesos productivos, registro de consumo de energéticos y reportes de producción, entre otros datos, muy pocas empresas realizan un análisis de su consumo energético, asimismo, se observa que un reducido universo de empresas hacen uso de indicadores energéticos; por lo que, esta situación trae como consecuencia que actualmente no se cuente con información estadística suficiente sobre el perfil energético detallado de cada uno de los sectores de interés.

Acorde a los análisis de intensidad energética realizados, se obtuvo que los sectores industriales con una mayor generación de emisiones son metales no ferrosos y vidrio, en los cuales la identificación de acciones y medidas de mitigación presentan un escenario de mayor impacto; en este mismo sentido, en los últimos años los sectores automotriz y alimentos-bebidas presentan una menor generación de emisiones de GEI dadas las actualizaciones y mejoras de los procesos productivos a los que está sometida la competencia de estas industrias.

Por cada uno de los sectores industriales, se consultaron diferentes fuentes de información, tanto nacionales como internacionales, con las que se construyó un perfil energético general, mismo que fue consensado y complementado por los actores clave en los trabajos de retroalimentación con los representantes del sector privado.

Es importante mencionar que el estudio contempla la identificación de medidas producidas por el uso de combustible (emisiones directas) y las generadas durante los procesos productivos (emisiones de proceso), quedando fuera del alcance de este documento las emisiones generadas por el uso de energía eléctrica (emisiones indirectas).

Con base a lo anterior, se construyó el BAU por sector industrial y la estimación de emisiones de GEI proyectadas para el 2030, el cual representa el panorama de la tendencia actual en caso de no ser implementada ninguna acción de mitigación durante este periodo de tiempo.

Para la identificación de medidas de mitigación se consideraron dos principales fuentes de información: la investigación nacional para la implementación de medidas de mitigación identificada como *Primera Perspectiva*; la otra fuente se obtuvo a partir de acciones y/o propuestas a nivel internacional, denominadas de *Segunda Perspectiva*; ambas fueron analizadas desde un punto de vista técnico, económico, ambiental, regulatorio, económico, comercial, de

infraestructura, social, financiero y de mercado. Con base a este análisis, se generó un grupo preliminar de medidas identificadas como *Tercera Perspectiva*.

Se realizó un corte parcial de las medidas seleccionadas 63 en total, distribuidas de la siguiente manera MNF 7, Químico 6, Petroquímico 3, Alimentos y Bebidas 15, vidrio 17, Papel 11, Automotriz 4. Posteriormente se desarrollaron las proyecciones estimadas de mitigación de GEI por sector.

Los tres principales sectores que presentan mayor potencial de mitigación con respecto al total son, vidrio en primer lugar (2.86%), químico en segundo lugar (2.15%), y en tercer lugar alimentos y bebidas con el (1.29%), seguido muy de cerca por el sector papel (1.28%).

Para las medidas seleccionadas se identificaron 69 necesidades y barreras, las cuales se categorizaron en siete rubros: financieras (13); regulatorias/políticas /institucionales (20); informativas (8); institucionales/culturales (8); de mercado (10); técnicas y operativas (8); y de infraestructura (2).

Se identificaron también a los facilitadores, entendiendo a aquellas acciones o información que puede apoyar la implementación de medidas de mitigación de emisiones de GEI en el sector industrial, clasificándolos en Programas, Instrumentos y Fondos.

Para atender el apartado de costos de implementación y abatimiento se realizó un segundo corte de las medidas, seleccionando las siete medidas con mayor potencial de mitigación, aplicabilidad y replicabilidad dentro grupo de sectores industriales de interés.

A estas siete medidas potenciales, se incorporan las detectadas en el sector Amoniaco, dado el acuerdo realizado por esta consultoría y el INECC para un análisis integral de las medidas planteadas, llegando a una sumatoria total de 11 propuestas, abarcando seis sectores, agrupadas en tres tipos, de los cuales el 64% son referentes a Eficiencia energética, el 27% corresponde a Cambio de tecnología y el 9% está relacionado con Tecnologías bajas en Carbono.

Dada la importancia que representa el asegurar el cumplimiento de las acciones de mitigación identificadas, se desarrolló un planteamiento general de la aplicación de un sistema de *Medición, Reporte y Verificación (MRV)*, enlistando de manera particular para cada sector los requerimientos de información, actores clave y demás requerimientos con los cuales se logre asegurar la calidad, veracidad, exactitud, consistencia, transparencia y representatividad de los resultados.

Para el desarrollo de la ruta tecnológica para la mitigación emisiones de GEI se identificaron cuatro pilares clave a considerar: gobernanza (existencia de arreglos y acuerdos institucionales e interinstitucionales que definan claramente las acciones, responsabilidades y alcances de cada uno de los involucrados); políticas de GEI (Impacto ambiental, aceptación política-industrial; viabilidad de aplicación); recursos financieros (erogación de diversos gastos y la necesidad de financiamientos acordes a los requerimientos) y MRV ya considerado anteriormente.

1. Introducción

El desarrollo de este documento obedece al análisis que servirá como instrumento para alcanzar las metas de la CND y que serán parte de los insumos de la Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático.

En el contexto internacional, las emisiones de México representan cerca del 1.4% del total mundial, sin embargo, es una nación comprometida con el abatimiento del calentamiento global a través de la transformación de su ruta de desarrollo hacia un escenario bajo en emisiones, orientado a su vez a reducir la vulnerabilidad que presenta ante los efectos de cambio climático (Gobierno de la República, 2015).

En el primer reporte derivado de esta consultoría, se presentó el desarrollo de la metodología a seguir para el proyecto, así como un panorama general de los sectores dentro del contexto nacional y el posicionamiento de México respecto al mundo en el sector industrial de la manufactura. Esta metodología muestra el flujo a seguir para cumplir las metas propuestas, como es la determinación de rutas de desarrollo industriales que contribuyan a lograr objetivos de reducción de emisiones de GyCEI, arista fundamental para alcanzar los compromisos establecidos por México ante el contexto internacional en este mismo sentido.

La información vertida en el Primer Producto se retoma en el segundo como base para el análisis detallado del consumo energético y de las emisiones derivadas del mismo para cada uno de los sectores considerados en este estudio. En él se presenta el desarrollo de la *línea base* para la cuantificación del consumo energético y emisiones, basados en la serie histórica de los sectores y sus proyecciones al año 2030, con lo cual se determina el *Business-As-Usual* (BAU) para el escenario de partida de las emisiones por sector industrial. Cabe recalcar que como resultado de esta consultoría, se planteó la metodología y cálculos necesarios para obtener la cuantificación de emisiones directas e indirectas de combustión y proceso, estos cálculos fueron estimados en paralelo a lo contenido en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero elaborado por el INECC, sin embargo, los resultados están alineados en términos de su magnitud, y presentan diferencias debido a las metodologías empleadas para el cálculo de cada uno. Para el desarrollo de este proyecto se determinó unificar los resultados y considerar los presentados en el documento oficial del Inventario Nacional, no obstante, en los Anexos del segundo entregable se integraron las tablas de cálculo realizadas especialmente para este proyecto y con los sectores de análisis, con el objeto de que su información este disponible para futuras revisiones de las estimaciones.

En el desarrollo del *tercer producto* se retoma material obtenido de los dos productos anteriores y se utiliza en la identificación, cuantificación y análisis de medidas de mitigación de GEI para los sectores industriales contemplados en esta consultoría. Este producto hace también una revisión y homologación de la *línea base* para la cuantificación del consumo energético y emisiones, basados en la serie histórica de los sectores y sus proyecciones al año 2030 con la información proporcionada por el INECC, de igual manera con base a lo anterior se construye el *Business-As-Usual* (BAU) para

el escenario de partida de emisiones por sector industrial. Se presenta también la estrategia que rige la implementación de las medidas de mitigación, la cual está alineada con lo que se establece en los *Roadmaps* a nivel nacional e internacional, siguiendo un cuidadoso y estructurado mecanismo incluyente y concordante con la metodología propuesta desde la concepción de esta consultoría.

Como parte principal de este documento, se identifican, clasifican y proponen aquellas medidas que puedan servir como elementos clave para trazar el camino a seguir en cuanto a la implementación de acciones concretas, que puedan permitir dar alcance a los compromisos establecidos al año 2030.

El cuarto *producto* tiene como insumo principal el paquete de medidas identificadas en el producto anterior, las cuales fueron complementadas, consensuadas y homologadas con información específica obtenida como resultado de una serie de reuniones con los actores principales de cada uno de los ramos industriales que se trabajaron. También, como parte de los trabajos de análisis conjunto con el sector privado, se identificó una serie de necesidades y barreras preliminares que se deberán sortear antes de diseñar e implementar un determinado programa y/o plan acción que permita cumplir con los objetivos de la CND.

En el cuarto documento se concentra la información obtenida del análisis con los participantes de los sectores, en las sesiones programadas, se pudo interactuar con representantes de los diferentes gremios, destacando que en el caso de Metales no Ferrosos se requiere mayor involucramiento del sector.

A manera documental del Cuarto Producto, en el Anexo F se presentan la lista de actores participantes en el análisis en el grupo de trabajo, la agenda de trabajo y la relatoría de los talleres realizados.

En este quinto *producto se* retoman los trabajos de los productos anteriores y de manera particular, el análisis de los resultados obtenidos en los grupos de trabajo con el sector privado y, partiendo de una reflexión estratégica, se clasifica y propone un paquete final de medidas que puedan servir como elementos clave para trazar el camino a seguir en cuanto a la implementación de acciones concretas, con las cuales se de alcance a los compromisos establecidos al año 2030. Por lo tanto, se establece la necesidad de:

- Identificar las tecnologías que son empleadas actualmente por los sectores y por sus empresas clave.
- Identificar medidas emergentes que puedan incorporarse a los sectores.
- Considerar el impacto de los cambios tecnológicos en la ventaja competitiva de las empresas.
- Conocer cuáles son las competencias tecnológicas propias y considerar las debilidades y fortalezas para la aplicación del cambio tecnológico.
- Identificar nuevos requerimientos del producto y analizar el estado de la técnica para equiparar aquellas tecnologías que posibiliten los desarrollos propuestos.

Este producto presenta también una estrategia general para la implementación de un Sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) correspondiente al sector industrial, con el propósito de asegurar la calidad, veracidad, exactitud, consistencia, transparencia y representatividad de los resultados logrados a través de la implementación de las medidas de mitigación de GEI bajo un enfoque orientado a resultados en cumplimiento a los objetivos y compromisos nacionales e internacionales.

Finalmente, presenta una propuesta de ruta tecnológica para la mitigación de emisiones de GEI para los sectores industriales identificados como de menor intensidad de generación de emisiones (industrias, química, petroquímica, alimentos y bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelera y automotriz) la cual se desarrolló a partir de un análisis de políticas públicas vigentes; información cualitativa y cuantitativa de generación de emisiones; entrevistas y talleres de trabajo con actores clave, quienes dieron su opinión sobre el tipo de medidas propuestas, su factibilidad, elementos complementarios a éstas, necesidades y barreras; modelación para la estimación de los escenarios y medidas seleccionadas y validación de resultados.

2. Antecedentes

2.1 Unidades económicas

El universo nacional de empresas que componen los sectores industriales de interés (química, petroquímica, alimentos – bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelera y automotriz en México), de acuerdo con la información oficial disponible en el DENUÉ (2017) se tienen identificadas un total de 12,834 unidades económicas (UE), ubicadas principalmente en las entidades federativas del Estado de México, Ciudad de México, Jalisco, Puebla y Nuevo León,

En la Tabla 1 se presenta la relación de UE por sector industrial, en la cual se puede observar que el sector de alimentos y bebidas concentra la mayor cantidad de ellas, seguido de del sector químico y sector paplero.

Tabla 1.-Relación de unidades económicas reportadas en DENUÉ 2017.

Automotriz	Alimentos - Bebidas	Químico	Petroquímica	Papel	Vidrio	MNF
76 ¹	208,930 ²	5,042	274 ³	4,828	1,045	284

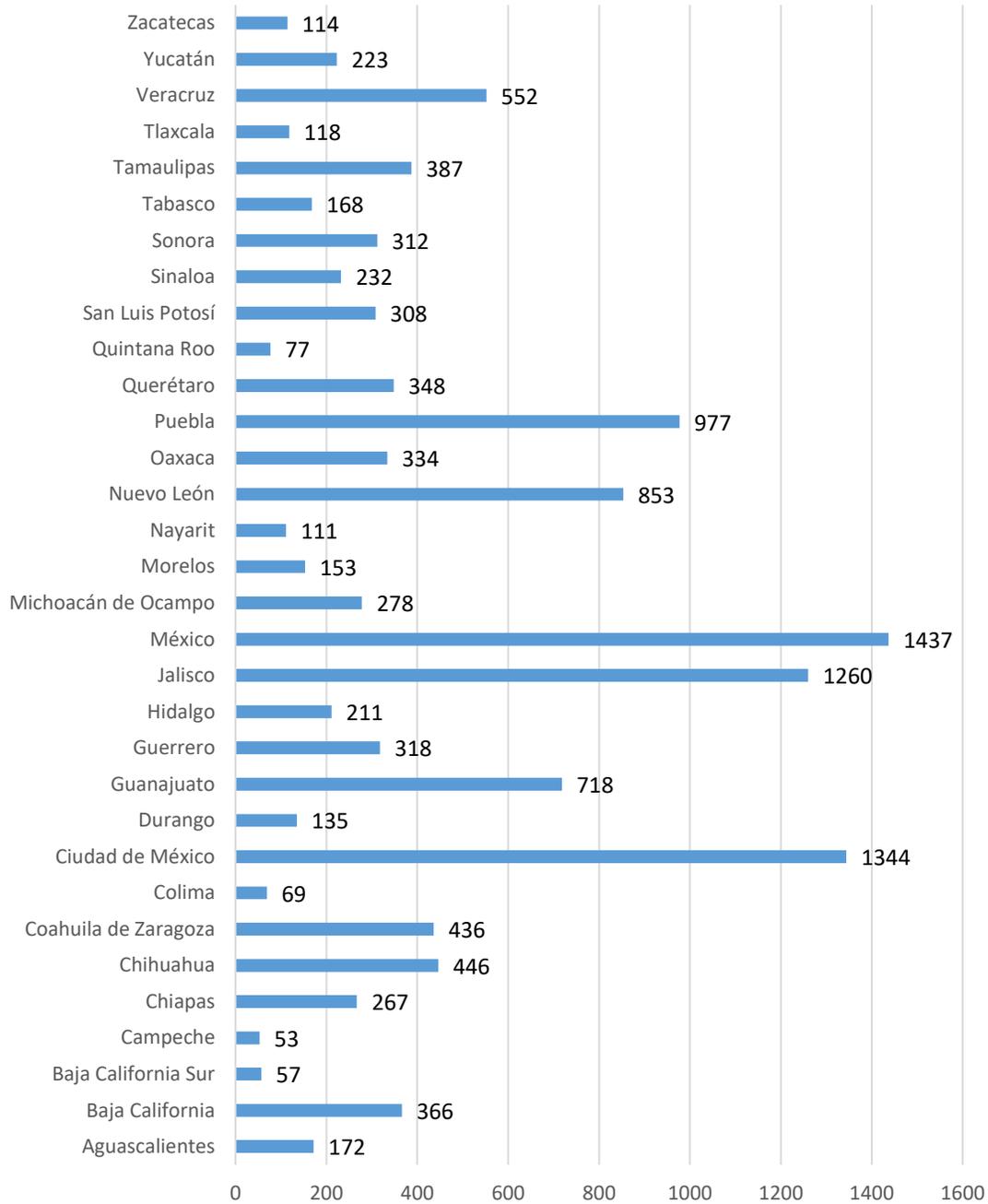
Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., con información de DENUÉ 2017.

En la Gráfica 1, se muestra el global de unidades económicas por entidad federativa, para los sectores de interés.

¹ Incluye solo 3361 Fabricación de automóviles y camiones

² Incluye subsector de bebidas (excepto 31213 Bebidas Alcohólicas y 31212 Elaboración de cervezas).

³ Tomando como base DENUÉ 32419 fabricación de productos derivados del petróleo refinado y carbón mineral.



Gráfica 1.- Universo de empresas DENUE sectores de interés.

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., con información del DENUE 2017.

En los gráficos siguientes se muestran de manera esquemática la ubicación geográfica de las UE por número de empresas registradas, lo cual permite tener un panorama general de cuáles serían las entidades federativas y sectores con mayor potencial de implementación de acciones de mitigación de GEI.

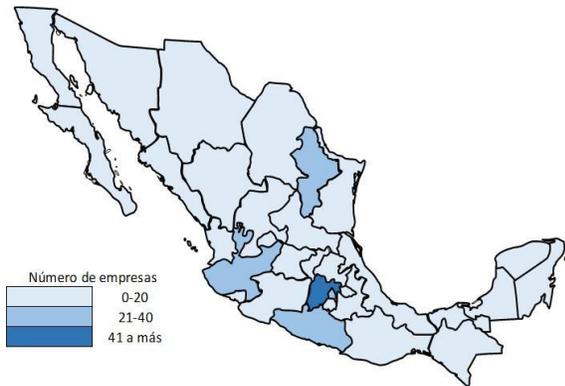


Figura 1.- Distribución geográfica de empresas del sector MNF por entidad federativa.

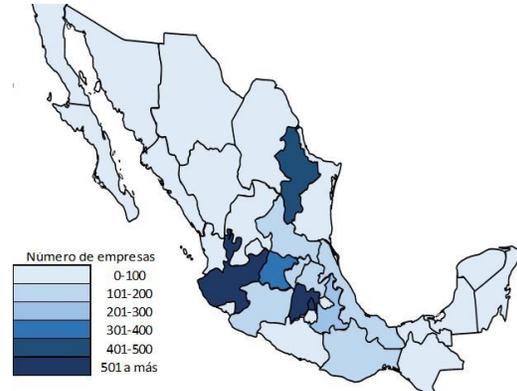


Figura 2. Distribución geográfica de empresas del sector Químico por entidad federativa

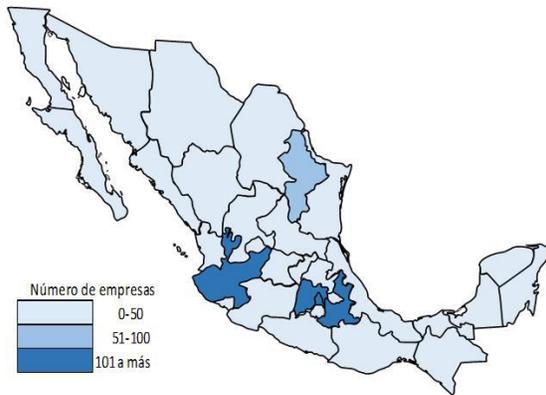


Figura 3. Distribución geográfica de empresas del sector Vidrio por entidad federativa.

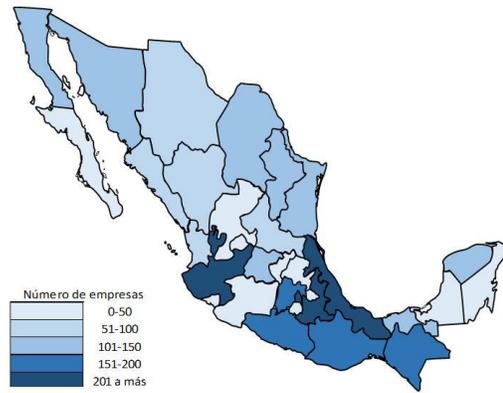


Figura 4. Distribución geográfica de empresas del sector Papelero por entidad federativa.

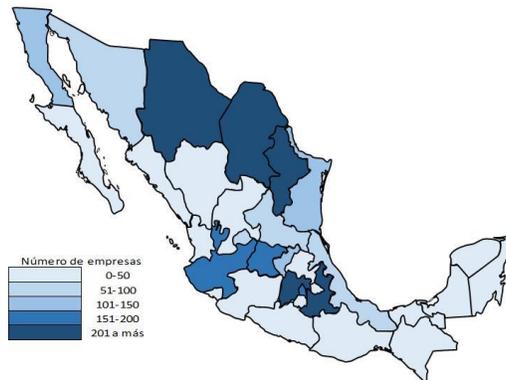
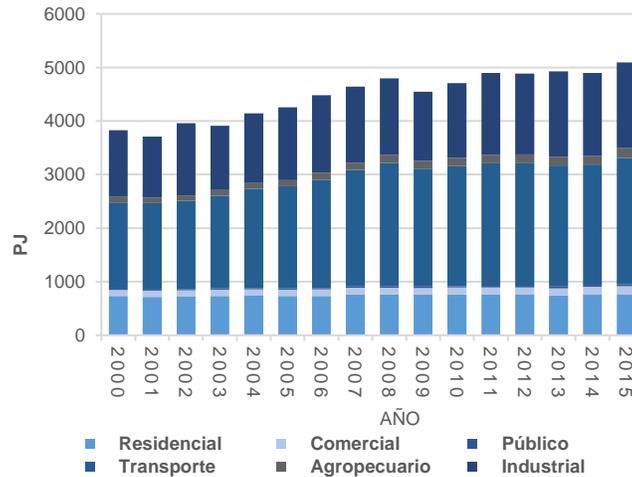


Figura 5. Distribución geográfica de empresas del sector Automotriz por entidad federativa.

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., con información del DENU 2017.

2.2 Análisis del consumo energético para el sector industrial

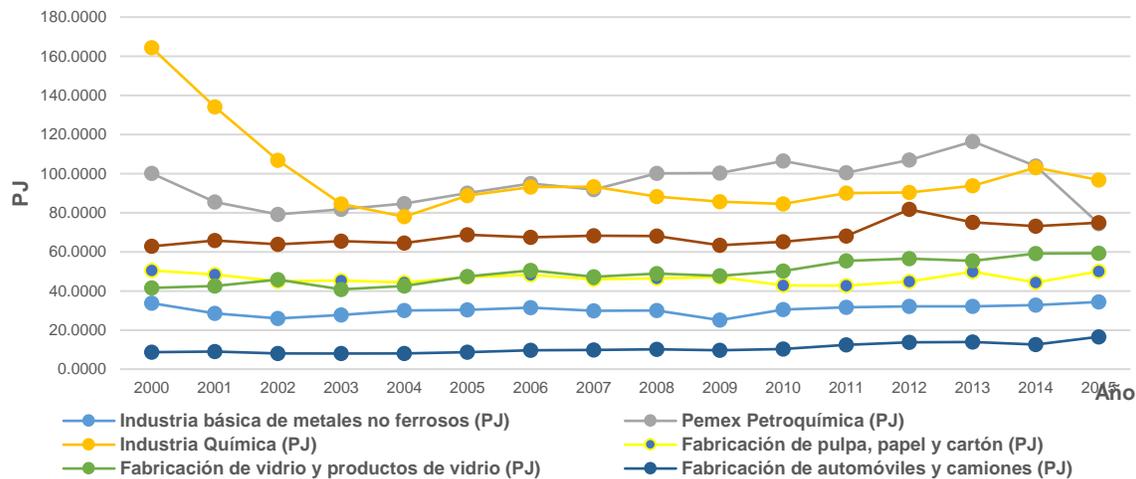
De acuerdo con los datos obtenidos del Sistema de Información Energética (SIE) se tiene que para el 2015 el sector industrial representó el 31.4% (1,601.84 PJ) del *consumo final total de energía*. Si bien este comportamiento se ha mantenido prácticamente constante, en el último año de análisis se tuvo un crecimiento del 3.1%.



Gráfica 2.- Histórico de consumo energético total por sectores. México 2000-2015.

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral S.A. de C.V. con información del SIE 2000-2015.

De manera particular para las industrias, química, petroquímica, alimentos – bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelería y automotriz en México para el año 2015 abarcaron en su conjunto el 25.58% del consumo energético del sector industrial, equivalente a 409.84 PJ. Las ramas industriales con mayor consumo energético son químico (incluido el subsector farmacéutico) y petroquímico, mientras que la rama industrial con menor consumo energético es la automotriz, como se muestra a continuación.



Gráfica 3.- Histórico de consumo energético por rama industrial. México 2000-2015.

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral S.A. de C.V., con información del SIE 2000-2015.

Del análisis del consumo de energéticos dentro del periodo de 2002-2015 se hace notar que en el año 2009 hay un descenso significativo en el consumo de éstos, siendo el año con los niveles más bajos dentro del periodo reportado. En dicho año se presentaron varios sucesos ligados entre sí que

influyeron en dicha caída, el más trascendental es la Gran Recesión, la cual tiene su origen en la crisis económica de los Estados Unidos, uno de los efectos fue el trance hipotecario, las repercusiones se manifestaron en el año 2008, contagiando el sistema financiero internacional.

En México, aunado a la crisis económica, se presentó un cuadro epidémico de la gripe humana A(H1N1), que afectó al país en abril de 2009, para ese año, el Banco Mundial reportó una contracción del Producto Interno Bruto (PIB) para México del 4.7%⁴.

Este evento económico afectó desde diversos frentes al sector manufacturero mexicano, por ejemplo, se tuvo una disminución en las exportaciones mexicanas, principalmente a los Estados Unidos, produciendo una caída en la producción industrial⁵. Durante el periodo de 2008-2009 las entidades federativas predominantemente manufactureras o con un complemento manufacturero presentaron una recesión más severa en comparación con los estados que son preponderantemente agrícolas, agroalimentarios, petroleros, mineros, incluso turísticos y de servicios (Erquizio Espinal, 2010).

Del análisis por tipo de combustible utilizado, se puede observar que de manera general en los sectores de interés se ha presentado una tendencia de disminución en el uso de petrolíferos (como diesel, combustóleo, entre otros); el consumo de electricidad ha presentado un ligero incremento. Respecto la utilización del gas seco, éste es más variable, esto se puede observar claramente en cuatro de los sectores industriales de interés (metales no ferrosos, vidrio, químico y papel) en los cuales se ha tenido un incremento en su utilización (ver Anexo H).

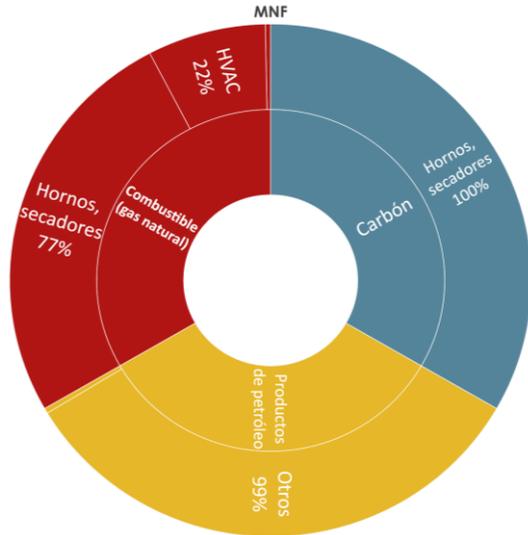
2.3 Uso de combustibles

Como ya se mencionó en el punto anterior, dada la importancia que representa el poder contar con información sobre los consumos energéticos globales y particulares por proceso, actividad y tipos de energéticos utilizados (electricidad, combustibles fósiles, energías limpias y/o no convencionales), se consultaron diferentes fuentes de información, tanto nacionales como internacionales y se obtuvo el perfil de consumo energético, mismo que fue consensado y complementado por los actores clave en los trabajos de análisis con el sector privado. A continuación, en los siguientes gráficos se presenta el perfil de consumo energético global (térmico y eléctrico), dando un especial énfasis al consumo energético térmico ya que, el presente proyecto dentro de sus alcances como ya se comentó anteriormente, solo contempla la identificación de medidas producidas por el uso de combustible (emisiones directas) y las generadas durante los procesos productivos (emisiones de proceso), quedando fuera del alcance las emisiones generadas por el uso de energía eléctrica (emisiones indirectas).

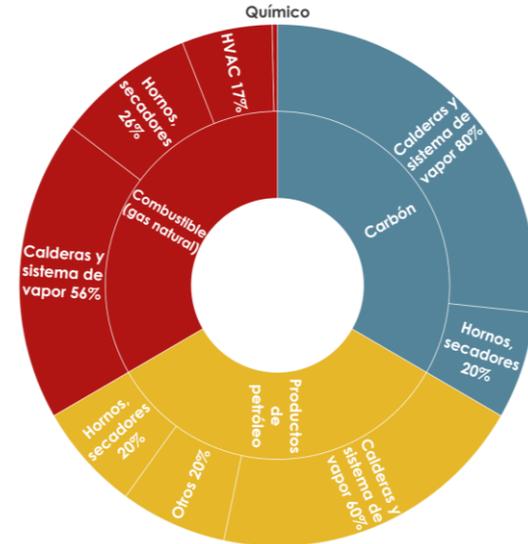
Basado en el perfil por tipo de energético (Anexo G), a continuación, se presentan los perfiles de consumo energético por tipo de combustible térmico y por usuario (sistemas o equipos de proceso).

⁴Crecimiento del PIB (% anual) <http://www.bancomundial.org/es/country/mexico>

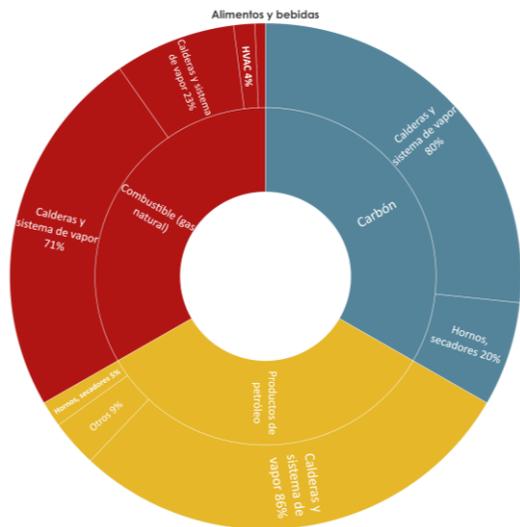
⁵La Crisis Financiera de los Estados Unidos y su impacto en México, Cámara de Diputados. <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2009/cefp0012009.pdf>



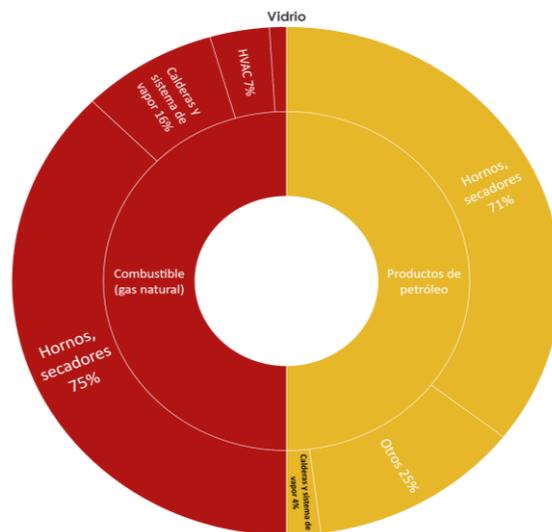
Gráfica 4. Perfil por tipo de energía para la industria de MNF.



Gráfica 5.- Perfil por tipo de energía para la industria química.



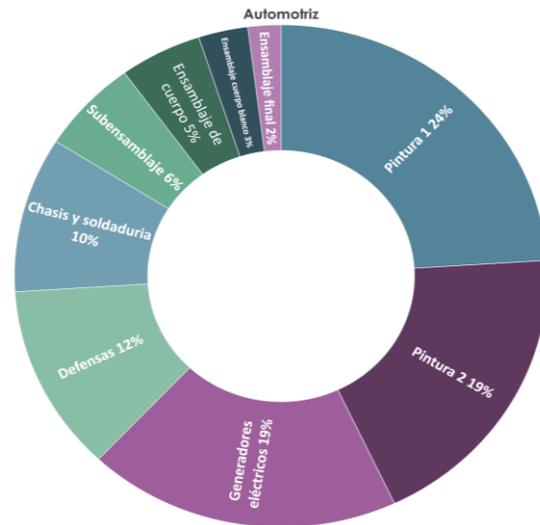
Gráfica 6.- Perfil por tipo de energía para la industria de alimentos y bebidas



Gráfica 7.- Perfil por tipo de energía para la industria del vidrio.



Gráfica 8.- Perfil por tipo de energía para la industria papelera.



Gráfica 9.- Perfil por tipo de energía para la industria automotriz.

Fuente: Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral S.A. de C.V. con información de SIE, SENER, México, 2017.

2.4 Línea base de emisiones de GEI para el sector industrial

Basado en las metodologías establecidas por el IPCC 2006 se llevó a cabo el análisis de emisiones de GEI "Directas" (emisiones por consumo de combustibles y emisiones generadas por el desarrollo de procesos productivos), para lo cual se utilizaron los diferentes factores de emisión por tipo de combustible y las diferentes ecuaciones generales empleadas para la estimación de emisiones generadas para los diferentes procesos productivos; lo anterior homologado en su totalidad con la información proporcionada por el INECC.

2.5 Indicador de uso de energía por unidad de PIB

Este indicador permite identificar las tendencias en el uso de energía con respecto al PIB y expresa la relación general entre la utilización de la energía y el desarrollo económico.

La relación de energía usada con respecto al PIB se denomina 'intensidad energética agregada' o 'intensidad energética de la economía'.

El indicador tCO₂/PIB, nos permite conocer qué tan eficiente ha sido el consumo de la energía respecto a la aportación del sector al PIB nacional. Al comparar dicho indicador entre los diferentes sectores se tiene que, el sector automotriz representa la relación más eficiente, es decir, por cada unidad consumida de energéticos refleja una mayor producción en millones de pesos a precios corrientes del PIB reportado por el sector, casi duplicando su producción del 2013 al 2015; por el contrario, el sector de MNF presenta una mayor generación de emisiones en referencia al PIB, tal como se presenta en la siguiente tabla; esta industria refleja una relación menos redituable por

emisiones respecto a los demás sectores, esto puede tener como origen la fuente de energía, ya que en el sector automotriz el energético más empleado es la electricidad, aunado a las diversas fuentes renovables empleadas por las grandes ensambladoras en la obtención de ésta, mientras que en el sector de MNF su mayor consumo energético es por fuentes fósiles y derivados del petróleo.

Tabla 2.-Relación de producción contra consumo reportado por los sectores (tCO₂/PIB).

Año	Automotriz	Alimentos - Bebidas	Químico	Petroquímica	Papel	Vidrio	MNF
2013	4.01	6.22	28.84	71.76	78.70	134.81	1242.64
2014	3.54	6.08	37.31	62.52	68.23	135.52	1258.63
2015	3.52	3.09	36.11	62.63	70.04	120.25	1169.61
2016	3.39	3.12	35.79	59.44	64.87	115.33	1222.97

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., con información de SIE 2000-2015 y directrices del IPCC 2006.

En cuanto a la generación de emisiones con respecto al PIB, la relación histórica de los sectores desde el año 2013 al 2016 entre las toneladas de CO₂ y la porción del PIB correspondiente, en esta interacción se puede deducir que entre menor sea el valor del indicador existe una menor generación de emisiones de GEI con respecto al PIB; bajo esta premisa, se tiene que los sectores industriales con una mayor generación de emisiones son metales no ferrosos y vidrio, en los cuales la identificación de acciones y medidas de mitigación podrían tener un mayor impacto; en este mismo sentido, en los últimos años los sectores automotriz y alimentos -bebidas presentan una menor generación de emisiones de GEI y por consiguiente su potencial de mitigación sería menor.

3. Metodología para la instrumentación de las rutas de mitigación para cumplir con la CND

Esta metodología tiene el objetivo de identificar acciones que puedan ser aplicadas en los sectores y subsectores industriales de interés, las cuales permitan disminuir la emisión de CO₂eq en cumplimiento y acorde a los planteamientos establecidos en la CND. Ésta integra una validación, actualización, recopilación de la información disponible para la construcción de la CND para las ramas de la industria química, petroquímica, alimentos–bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelería y automotriz en México, en lo que se refiere a la construcción de la *línea base* y los escenarios de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Incluye también la propuesta de rutas tecnológicas e instrumentación de las medidas de mitigación establecidas en la CND, y la propuesta de implementación de un sistema MRV para los sectores industriales de interés.

Dicha metodología se muestra de manera esquemática en la



Figura 6, está conformada por 7 actividades principales, siendo éstas:

- Determinación del BAU
- Identificación de medidas de mitigación
- Determinación de proyección de emisión con medidas
- Identificación de necesidades y barreras
- Costos de abatimiento
- Estrategia general de MRV para las rutas de mitigación acorde a la CND
- Ruta tecnológica para la mitigación emisiones de GEI el sector industrial de menor intensidad de generación

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

6^a Comunicación
Nacional



Figura 6.- Metodología general para construcción de acciones de mitigación.

Fuente: Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V. 2017.

A continuación, se desglosa de manera general cada una de ellas.

3.1 Determinación del BAU

El *Business-As-Usual* (BAU) está desarrollado con base a dos fuentes principales de información: La *línea base* y las *tasas de crecimiento anual*. Como ya se comentó en el capítulo anterior, la *línea base* se conforma de la estimación de emisiones directas, siendo éstas: emisiones de combustión (quema de combustible al interior de las industrias) y emisiones de proceso (emisiones inherentes por los procesos productivos particulares); para el caso las emisiones de combustión, con la finalidad de contar con información mucho más precisa, éstas fueron estimadas y revisadas de manera particular por la Consultoría; posteriormente esta estimación fue homologada, consensuada y complementada con la información generada por el INECC para el **Inventario Nacional de Emisiones**, mismas que se encuentran basados en las directrices para el desarrollo de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (NGGI por sus siglas en inglés) del IPCC⁶, del *Volumen 2* correspondiente a *Energía*, donde se utilizará la información del SIE⁷ respecto al consumo de combustible.

Por otro lado, las emisiones de proceso fueron estimadas siguiendo también las directrices del IPCC definidas en el *Volumen 3* correspondientes a *Procesos industriales y uso de productos* de las directrices para el desarrollo de inventarios NGGI (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2017). Para estas emisiones se utilizó información de producción, misma que se obtiene del INEGI, INECC, SEMARNAT.

⁶ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2017)

⁷ <http://sie.energia.gob.mx/>

Utilizando como base los datos anteriores se construyó el BAU para el periodo 2013-2030, esto se efectuó para los siete sectores manufactureros de la industria nacional que conciernen al presente proyecto, es importante mencionar que esta información fue proporcionada por personal que participa en la elaboración del INGyCEI del INECC.

Resulta importante mencionar que un elemento clave para la construcción del BAU y para poder estar en condiciones claras de proponer medidas y acciones de mitigación, es conocer los procesos productivos básicos de cada uno de los sectores de interés. En este sentido, la descripción y análisis de los procesos se construyeron con información de dos fuentes principales; por un lado con información documental en el ámbito nacional e internacional, y por el otro por observación o experiencia directa de la empresa consultora; dicha información posteriormente fue complementada, consensuada y homologada con la información específica que se obtuvo como resultado de las “reuniones de análisis en los grupos de trabajo con el sector privado”, integrados por los actores clave de los sectores y subsectores participantes.

Por lo anterior, el analizar los procesos productivos permitió identificar en qué parte del proceso se generan emisiones ya sea de forma directa o indirecta. Asimismo, fue de suma importancia el poder conocer el perfil de consumo de combustible por sector, por lo que se recurrió a consultar diferentes fuentes documentales hasta donde fue posible para obtener dicha información.

3.2 Identificación de medidas de mitigación

Para esta actividad al igual que para la construcción del BAU, se consideran dos fuentes de información, por un lado, se tiene información nacional de implementación de medidas de mitigación que se obtuvo de documentos de acceso público y algunos casos particulares por sector; esta primera fuente de información permitió establecer la *Primera Perspectiva*. En general, éstas son opciones de bajo costo, aplican principalmente en el contexto de eficiencia energética y pueden incluir medidas genéricas, así como medidas específicas de proceso por sector. La otra fuente de información son las acciones ejecutadas y/o propuestas a nivel internacional, denominadas de *Segunda Perspectiva*; dentro de estas fuentes de información, se tiene la identificación de “*Ruta estratégica o tecnológica*” (*Roadmap*), las cuales fueron una herramienta empleada para visualizar las proyecciones de las reducciones estimadas por la implementación de acciones a través de medidas de mitigación propuestas, estableciendo una jerarquización de los cambios de corto hasta largo plazo; permiten además facilitar la integración de nuevas tecnologías a los sectores productivos, además de proveer soporte aterrizado a las estrategias industriales y los procesos de planeación, identifican áreas de oportunidad para explotar de forma eficiente las tecnologías emergentes, integrar la tecnología de punta, identificar y coadyuvar a la minimización de barreras en el mercado para su difusión a nivel mercadotécnico, además de ser una herramienta para la toma de decisiones, ya que proporciona datos suficientes para realizar un balance de riesgos y la distribución de recursos.

Estas rutas estratégicas también tienen aplicaciones que van más allá de soluciones tecnológicas, por ejemplo, consideran también las demandas del mercado, las capacidades de los proveedores,

información regulatoria, competitiva, el contexto económico, financiamientos existentes, necesidades y facilitadores, entre otros. Esta herramienta puede ser sumamente flexible, permite identificar, clasificar y proponer aquellas medidas que puedan servir como elementos sobre los que se pueda basar el camino a seguir en cuanto a la implementación de acciones concretas que permitan dar alcance a los compromisos establecidos al año 2030. Por lo tanto, fue de suma importancia en la etapa de análisis en los grupos de trabajo con el sector privado, el establecer dentro de las prioridades: la necesidad de identificar las tecnologías específicas que son empleadas actualmente por los sectores industriales de interés y por sus empresas clave; identificar tecnologías y medidas emergentes que puedan incorporarse a los sectores; considerar el impacto de los cambios tecnológicos en la ventaja competitiva de las empresas; conocer cuáles son las competencias tecnológicas propias y considerar las debilidades y fortalezas para la aplicación del cambio tecnológico; e identificar nuevos requerimientos del producto y, analizar el estado de la técnica para equiparar aquellas tecnologías que posibiliten los desarrollos propuestos.

Finalmente, en esta segunda actividad de la metodología se buscó que con los dos grupos de medidas, obtener un paquete de propuesta preliminar de medidas con potencial de reducción de emisiones directas de GEI para el sector industrial y su probable aplicación en el contexto nacional.

Paralelamente también en esta actividad se identificó y convocó a participar a los diferentes actores clave de los sectores industriales de interés, con los cuales a través de mesas técnicas de trabajo se buscó presentar, consensuar, analizar y definir un listado final de medidas factibles de implementación, las cuales se denominan de *Tercera Perspectiva*. Adicionalmente, en estos grupos de trabajo se identificaron de manera preliminar las distintas necesidades y barreras (financieras, regulatorias, políticas e institucionales, informativas, culturales, de mercado, técnicas y operativas, y de infraestructura) que actualmente existen a nivel nacional y sectorial para la implementación de acciones de mitigación de GEI en el sector industrial, con las cuales se llevó a cabo el planteamiento de las líneas de acción para la construcción de la ruta tecnológica.

En la Tabla 3 se pueden observar las diferentes características de los tres grupos de medidas.

Tabla 3.- Caracterización de medidas propuestas.

Primera Perspectiva	Segunda Perspectiva	Tercera Perspectiva
<i>Cubre las opciones de bajo costo y de implementación inmediata.</i>	<i>Incorpora innovación tecnológica o modificación de procesos con mayor adelanto tecnológico.</i>	<i>Además de considerar las medidas propuestas por experiencia y del ámbito internacional, contempla la adaptabilidad, jerarquización y factibilidad de las medidas propuestas.</i>
<i>Considera principalmente medidas para Eficiencia energética.</i>	<i>Incluye medidas de eficiencia energética, además de cambio tecnológico, cambio de insumos, energías renovables y cogeneración.</i>	<i>Engloba propuestas específicas para los sectores productivos a nivel nacional, adaptando medidas viables para la industria.</i>
<i>Reducciones con un bajo índice de impacto.</i>	<i>Las medidas propuestas tienen un intervalo de reducción amplio, desde porcentuales bajos hasta más del 40% de reducción.</i>	<i>Medidas con un mayor índice de certidumbre de aplicación en las industrias de los diversos sectores</i>
<i>Medidas generales.</i>	<i>Medidas potenciales.</i>	<i>Medidas específicas.</i>

Fuente: Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., 2017.

De manera general el desarrollo de este trabajo permitió la identificación medidas de mitigación; considerando su potencial de mitigación y los pilares clave a considerar si se desea la implementación de la ruta tecnológica para la mitigación de GEI; estas medidas se agruparon en 5 paquetes de acciones, quedando como se muestra en la siguiente figura.



Figura 7. Paquete de medidas para el sector industrial por tipo de objetivo de mitigación.

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS, Ingeniería Integral S.A de C.V.

Cabe mencionar que se presenta y analiza por separado de la eficiencia energética de la cogeneración, debido a sus diferencias en la fuente de energía y por las acciones de mitigación que se podrían derivar de ellas, como se describe más adelante:

A continuación, se hace una breve descripción de cada uno de estos paquetes de medidas.

Medidas de eficiencia energética (EE).- Se agrupan todas aquellas medidas que tienen como objetivo principal, la reducción del consumo de energía primaria por la implementación de acciones de índole técnico o no técnico (buenas prácticas operativas a través de distintas herramientas de control de procesos), sin que exista una disminución en la calidad, productividad, seguridad física del personal y patrimonial de los bienes y sin producir mayor impacto ambiental que el que se tenía inicialmente.

Medidas de cogeneración (CG). - Si bien la cogeneración se define como la producción simultánea de calor útil y electricidad a partir de un mismo combustible o fuente de energía primaria, estos combustibles pueden ser de origen fósil (por ejemplo, gas natural, combustóleo, etc.), renovable (por ejemplo, residuos agrícolas y forestales, biogás, etc.) o incluso hidrógeno. Por lo anterior, este paquete de medidas agrupa a aquellas que tienen como principio fundamental la recuperación del calor residual producto de la combustión para ser aprovechada para la generación de electricidad, el cual, de otra forma, hubiera sido liberado en el medio ambiente, desperdiciando con ello una parte importante de la energía todavía disponible; considera también aquellas medidas en las cuales la energía restante puede aún todavía ser utilizada en diversos usos finales como calefacción de espacios, calentamiento de agua, así como otros procesos térmicos o de refrigeración que se encuentren cercanos a la planta de cogeneración.

Medidas de cambio de insumo o combustible (CI). - Se agrupan a aquellas medidas en las cuales la sustitución de un combustible utilizado actualmente por otro de menor generación de emisiones de GEI sea técnica, económica, ambiental y socialmente factible.

Medidas de energía renovable (ER). - Engloba a aquellas medidas en las cuales se contemple el uso de cualquier forma de energía solar o bioenergéticos con la cual se pueda satisfacer un requerimiento de energía térmica dentro del sector industrial.

Medidas de cambio de tecnología baja en carbono (CT). - Agrupa a aquellas medidas enfocadas a la optimización, modernización tecnológica y/o rediseño del proceso productivo, con lo cual, entre otros resultados, las industrias logren reducir su intensidad energética. Agrupa a aquellas medidas identificadas como tecnologías que a lo largo de su ciclo de vida produce muy bajas o nulas emisiones de CO₂ equivalente.

3.3 Determinación de la proyección de emisiones con medidas de mitigación

Como cuarta actividad, luego de haber definido, analizado, complementado, homologado y consensado con los actores clave, el paquete de medidas de “Tercera Perspectiva”, haberse obtenido el BAU, y sus respectivas líneas de acción, se desarrollaron las proyecciones estimadas de mitigación por sector. Este ejercicio se desarrolló para cada uno de los siete sectores y subsectores participantes en el proyecto.

La siguiente figura es un ejemplo para la visualización de las proyecciones de emisiones con medidas.

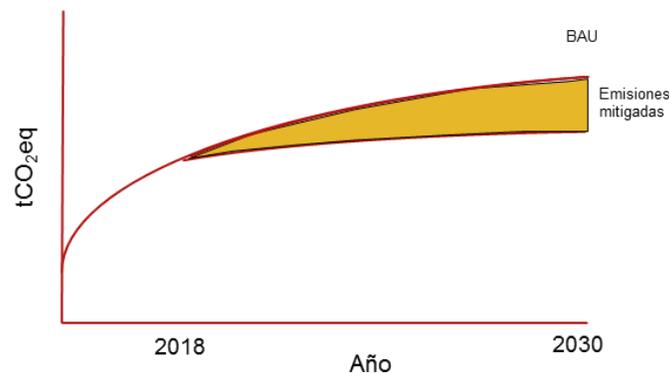


Figura 8.- Ejemplo de gráfica donde se considera la implementación de medidas sobre las emisiones estimadas (BAU).
Fuente: Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., 2017.

3.4 Identificación de necesidades, barreras y acciones

Es claro que para lograr cumplir con los compromisos y las metas de la CNDC y continuar avanzando hacia un desarrollo bajo en carbono en el sector industrial, México deberá emprender acciones concretas tendientes a mitigar las emisiones de GEI; las cuales generen los incentivos suficientes, necesarios y correctos para promover la inversión en eficiencia energética, tecnologías bajas en carbono y/o tecnologías limpias; orientar los esfuerzo y acciones hacia un cambio en las prácticas productivas con un enfoque de consumo energético sustentable. Por lo cual, luego de la determinación de la proyección de emisiones con medidas de mitigación, se realizó el análisis y consenso de las necesidades y barreras identificadas durante los trabajos de análisis con el sector privado, y dada su importancia que éstas representa, antes de diseñar e implementar un determinado programa y/o plan acción que permita cumplir con los objetivos de la CNDC basadas en la implementación por tipo de medidas antes descritas, este análisis se categorizó en siete rubros: financieras; regulatorias/políticas /institucionales; informativas; institucionales/culturales; de mercado; técnicas y operativas; y de infraestructura.

3.5 Costos de implementación y abatimiento

Para este tema se empleará el análisis proporcionado por las curvas de abatimiento, las cuales tienen como objetivo ser una herramienta que permita la comparación de implementación de proyectos, considerando sus costos y potenciales de reducción de energía o emisión de GEI, esta gráfica se construye con base en la evaluación de medidas de mitigación y obteniendo el costo de implementación, como resultado se obtienen los extremos de la curva, donde los valores negativos representan a aquellas medidas que al ser analizadas en un plazo determinado presentan un retorno menor a la inversión y principalmente están incluidos los proyectos que incorporan nuevas tecnologías en los procesos productivos o la introducción de fuentes de ER, se localizan al final del gráfico.

Por otro lado, los valores positivos se muestran al inicio y engloban en su mayoría las propuestas que hacen los procesos más eficientes, las cuales con pequeñas inversiones y retornos altos representan una disminución en el consumo energético y/o emisión de GEI. (Zavala Hormaechea, 2017).

En este documento se retoma esta herramienta para analizar las propuestas incluidas en las rutas tecnológicas de todos los sectores, cabe mencionar que actualmente, en México no se encontraron referencias de implementación que pudieran proporcionar costos reales de los proyectos y/o tecnologías consideradas en el Anexo E, por lo cual se optó para realizar el análisis fuentes de consulta y referencias bibliográficas que pudieran proporcionar la estimación de los costos necesarios para elaborar la curva de abatimiento, no obstante, se encontró un número reducido de datos, lo cual circunscribe el análisis a aquellos antecedentes que pueden ser equiparables al contexto nacional.

3.5.1 Costos de implementación

Un sistema de costos proporciona un punto de referencia para que se pueda evaluar el desempeño de un proyecto. Conocer los costos de implementación permite analizar las variaciones que se han dado en los costos esperados para cada proyecto de mitigación. Una alta variación nos podrá conducir a tiempo, en el empleo de medidas correctivas.

Además, se podrán visualizar varios factores como: disminución de la vulnerabilidad causada por la dependencia de combustibles fósiles; reducción de costos por generación, transmisión y distribución; mayor preservación de los recursos naturales nacionales; reducción del costo por pago de energía; aumento de la productividad y competitividad de las empresas, entre otros.

Al conocer los costos de implementación, también se estará dando una alta coherencia con relación a los costos derivados de la aplicación de diversas alternativas. Esto también crea una base consistente para cuantificar inventarios.

Cuando se conocen este tipo de costos de manera más directa y completa, se tiene una alta probabilidad de obtener financiamiento por parte inversionistas, instituciones financieras, y demás actores interesados.

En general, al tener muy claros los costos, las decisiones que se tomen a nivel empresa, sector o gobierno, respecto a las medidas de mitigación de GEI, serán mucho más fáciles y conllevarán menores riesgos.

3.5.2 Costos de abatimiento

Se entienden como costos de abatimiento a los beneficios percibidos por la implementación de acciones en un proceso de referencia por una opción o medida de bajas misiones.

Para la interpretación gráfica de estos costos de abatimiento se emplea lo que se conoce como curva de costos marginales de abatimiento en la cual se incorpora el criterio de costo-efectividad. Esta curva analiza datos técnicos y costos económicos incrementales para diferentes alternativas de abatimiento utilizando un enfoque ascendente, de abajo a arriba. En el eje horizontal se grafica el potencial de abatimiento de cada medida o iniciativa (en tCO₂eq). En el eje vertical se grafica el costo marginal de abatimiento (\$/tCO₂eq evitada o reducida).

3.6 Planteamiento general de MRV para las rutas de mitigación acorde a la CND

Como parte importante de esta metodología y con el propósito de asegurar la calidad, veracidad, exactitud, consistencia, transparencia y representatividad de los resultados alcanzados a través de la implementación de acciones para la puesta en marcha de las distintas medidas de mitigación de GEI en los sectores industriales de interés, se presenta la estrategia para la implementación de un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV), el cual, permite que el diseño y operación de los proyectos desarrollados siga un enfoque de gestión de la calidad orientado a resultados. Este sistema para el componente de mitigación y contabilidad de la reducción de emisiones es esencial para asegurar la efectividad de estas actividades y cumplimiento de la política nacional de mitigación de cambio climático; la LGCC, en su artículo 31 establece la obligación de incluir un diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación de las emisiones nacionales. Adicionalmente, en el marco de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones, es indispensable dar seguimiento a las variables socioeconómicas ligadas a esta estrategia, así como de los recursos económicos que se destinan para su implementación, ya sea que estos provengan tanto de fuentes internacionales como nacionales.

De esta forma los procesos de MRV son indispensables tanto para el diseño, como para la implementación y seguimiento de las Estrategias de Desarrollo Bajo en Emisiones (*Low Emission Development Strategies* – LEDS, por sus siglas en inglés). Asimismo, también requieren de sistemas MRV los mecanismos para estimular la ejecución de medidas de mitigación, en particular, las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés), cuyo desarrollo concentra actualmente la mayor atención a nivel internacional.

A continuación, se presenta un diagrama general de responsabilidad MRV que será utilizado como base para el desarrollo de la estrategia por sector industrial.

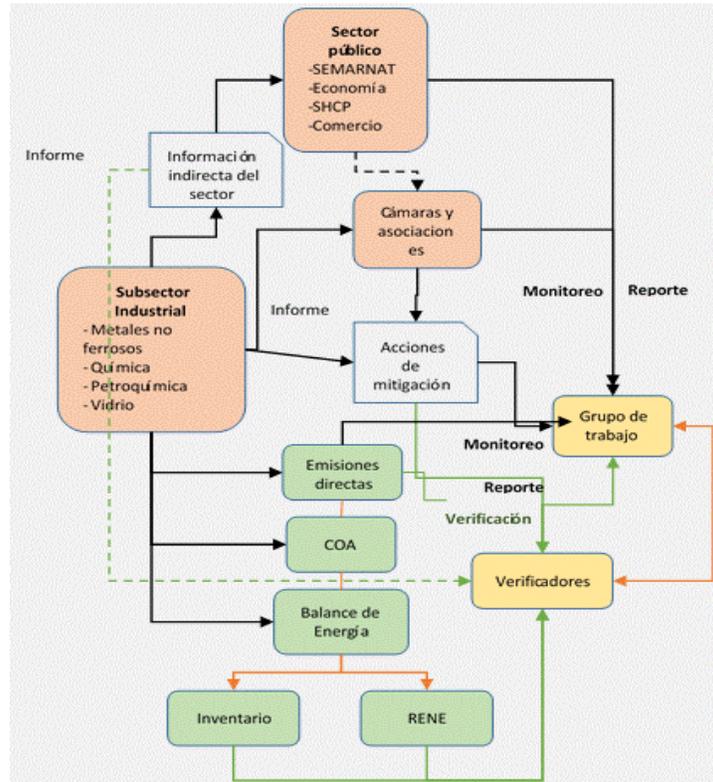


Figura 9.- Diagrama general de estructura de responsabilidad MRV.
Fuente: Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., 2017.

3.7 Ruta tecnológica para la mitigación emisiones de GEI el sector industrial de menor intensidad de generación

Finalmente, esta metodología permitió consolidar un paquete de medidas y la evaluación de sus condiciones específicas y particulares para ser implementadas, su potencial de mitigación, el costo eficiencia y factibilidad; con lo cual se proponen alternativas y acciones que sirvan de base para conformar un plan de implementación coherente de cada sector participante, buscando en todo momento, lograr reducciones reales de las emisiones, minimizando los impactos ambientales indirectos, la aceptación de los distintos actores clave involucrados y dar cumplimiento a las metas de reducción de emisiones acorde a la CND.

4. Desarrollo de las rutas de mitigación acorde a la CND

Considerando la metodología descrita anteriormente, en este capítulo se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los sectores de interés.

4.1 Determinación del BAU

4.1.1 Componentes del proceso

Uno de los datos básicos para la identificación y cuantificación de medidas de mitigación de GEI en el sector industrial, es la información sobre los distintos procesos productivos involucrados, tipos de energéticos empleados (térmicos y eléctricos), consumos energéticos globales y particulares de cada una de las distintas actividades productivas, tiempos de operación, entre otros; con esta información es posible de manera preliminar generar distintos indicadores energéticos con los cuales se pueden delimitar preliminarmente algunas medidas de mitigación de GEI en los sectores industriales de interés. Si bien el sector industrial en su mayoría cuenta con un descripción de sus procesos productivos, registro de consumo de energéticos y reportes de producción, entre otros datos, muy pocas empresas cuentan o realizan un análisis de su consumo energético, así como tampoco conocen como se distribuye dicho consumo energético en cada una de sus actividades o procesos productivos, de igual manera, es muy imitado el universo de empresas que hacen uso de los indicadores energéticos; esta situación genera que no exista suficiente información sobre el perfil energético detallado de cada uno de los sectores de interés. En el Anexo A se presenta una descripción y diagrama de proceso de cada uno de los sectores de interés, los cuales son sólo como referencia genérica y no necesariamente aplican en su totalidad al sector industrial.

4.2.2 BAU por sector industrial

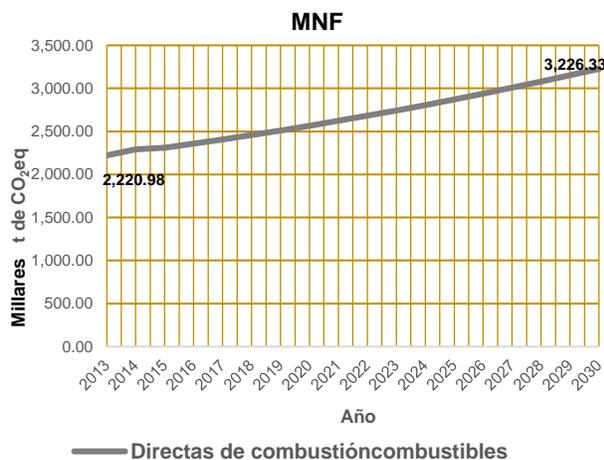
En la siguiente tabla se presenta la estimación de generación de emisiones de GEI al 2030 tomando como base el año 2015, esto en el caso de que no se implementará ninguna acción de mitigación durante este periodo de tiempo.

Tabla 4.- BAU por sector industrial. México 2015-2030.

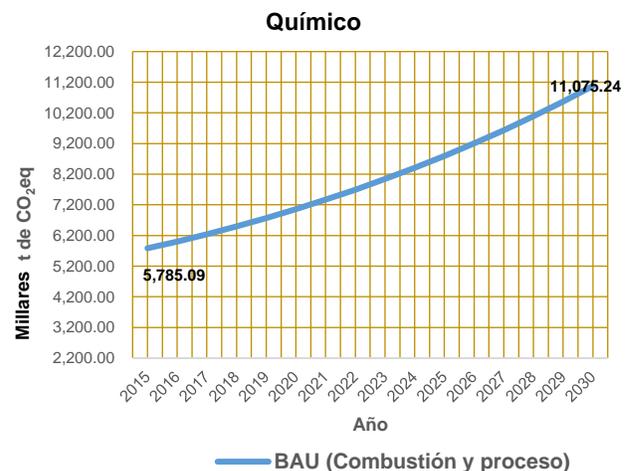
Sector subsector	Línea base tCO ₂ eq	BAU tCO ₂ eq	Emisiones en el periodo tCO ₂ eq	% de crecimiento o decremento	Participación porcentual al BAU 2030
MNF	2,310,143	3,226,325	916,182	39.7%	8.1%
Químico	5,785,086	11,075,243	5,290,157	91.4%	27.8%
Petroquímico	5,858,637	5,156,907	-701,730	-12.0%	13.0%
Alimentos y bebidas	3,786,096	5,409,921	1,623,825	42.9%	13.6%
Vidrio	3,230,424	6,403,398	3,172,974	98.2%	16.1%
Papel	2,396,330	4,198,653	1,802,323	75.2%	10.5%
Automotriz	2,021,167	4,341,689	2,320,522	114.8%	10.9%
Total	25,387,883	39,812,136	14,424,253	56.8%	100%

Fuente: Elaboración propia con información del INECC, 2017.

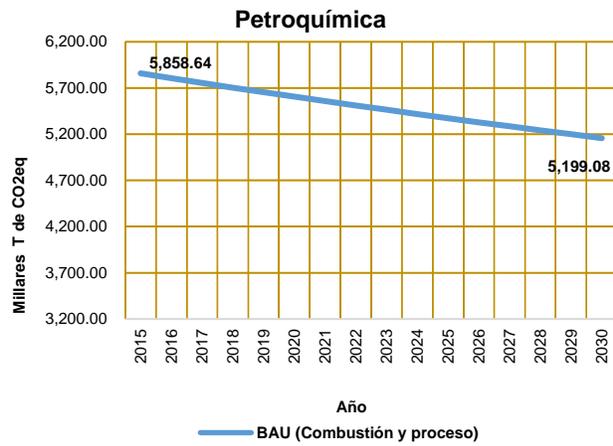
De acuerdo al BAU por sector, la mayor generación de emisiones de GEI en el periodo corresponde al sector químico, el cual al 2017 representa el segundo lugar en lo referente a UE (5,042) con respecto al total registradas en el DENUÉ para el grupo de sectores de interés; el segundo lugar corresponderá al sector vidrio el cual a la fecha cuenta con 1,045 UE ubicándose en la tercera posición de este grupo de sectores industriales; el sector de alimentos y bebidas quien cuenta a la fecha cuenta con el mayor número de UE (MiPyME y grandes empresas) ocupa el tercer lugar en generación de emisiones. A continuación, se presentan de manera gráfica el BAU para cada uno de los siete sectores.



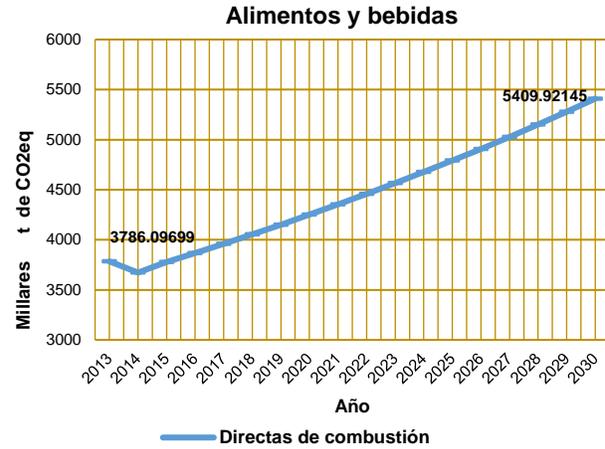
Gráfica 10.-BAU para la industria básica MNF. México 2013-2030.



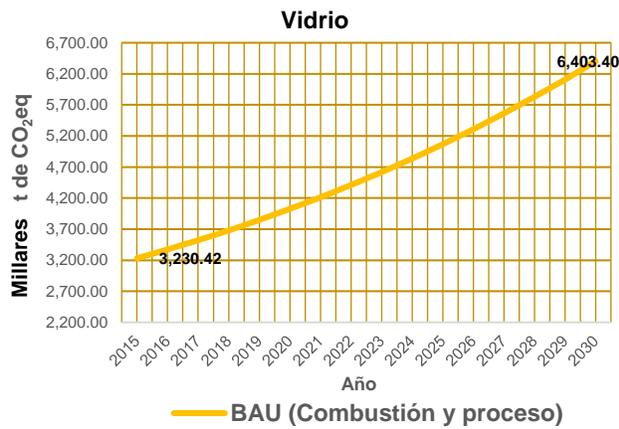
Gráfica 11.- BAU para la industria química. México 2015-2030.



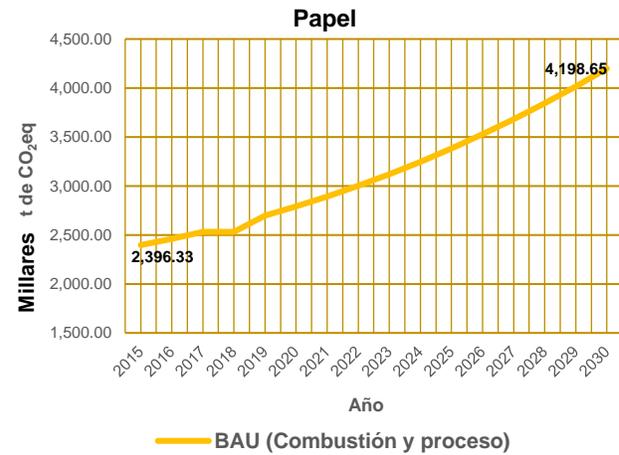
Gráfica 12.- BAU para la industria petroquímica. México 2015-2030.



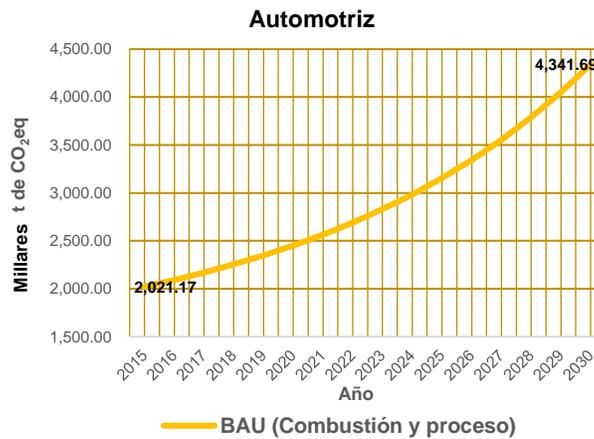
Gráfica 13.- BAU para la industria de alimentos y bebidas. México 2015-2030.



Gráfica 14.- BAU para la industria vidriera. México 2015-2030.



Gráfica 15.- BAU para la industria papelera. México 2015-2030.

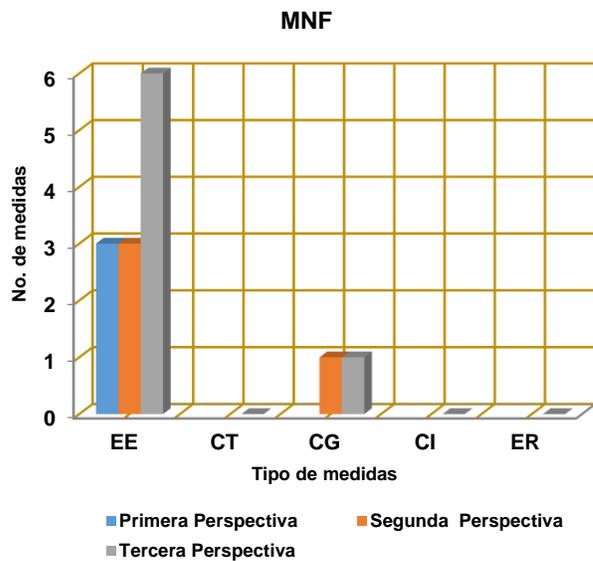


Gráfica 16.- BAU para la industria automotriz. México 2015-2030.

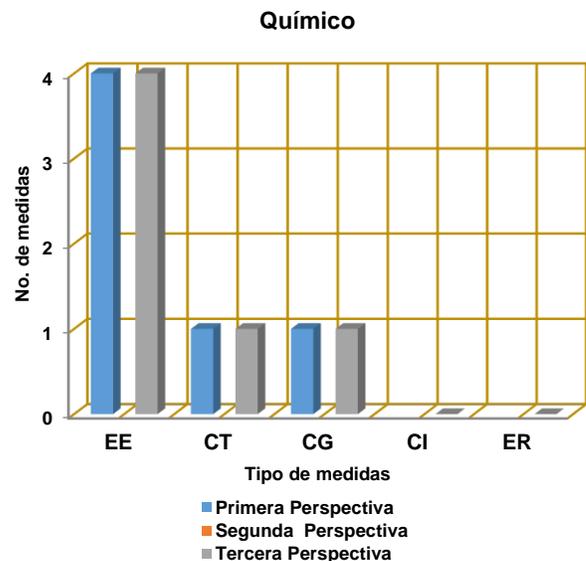
Fuente: Elaboración con información del INECC, 2017.

4.2 Identificación de medidas de mitigación

De acuerdo a la metodología descrita en el apartado tres de este informe, la identificación de medidas de mitigación consideró dos fuentes, siendo estas, la información nacional de implementación de medidas de mitigación identificada como *Primera Perspectiva*, y la obtenida a partir de información de acciones ejecutadas y/o propuestas a nivel internacional, denominadas de *Segunda Perspectiva*; ambas fueron analizadas desde un punto de vista técnico, económico, ambiental, regulatorio, económico, comercial, de infraestructura, social, financiero y de mercado; cuidando en todo momento que el grupo de la medidas identificadas en cada perspectiva no fueran mutuamente incluyentes entre sí, generando así un paquete preliminar de medidas identificadas como *Tercera Perspectiva*; el cual posteriormente fue complementado, consensuado y homologado por los actores clave durante los trabajos de análisis con el sector privado, generando como producto un paquete final de medidas de mitigación para cada sector industrial participante. En el Anexo E se presenta las fichas “*Reporte de las medidas analizadas para las rutas de mitigación*”; así mismo, a continuación, se presentan los resultados obtenidos de la identificación de medidas (tipo y número de medidas) en cada perspectiva.

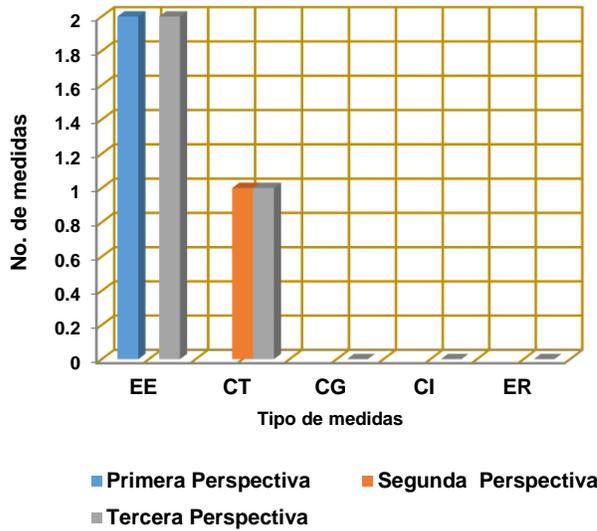


Gráfica 17.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector MNF.



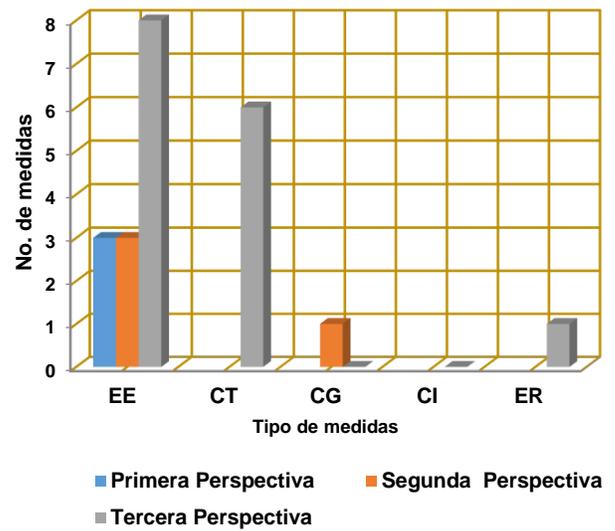
Gráfica 18.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Químico.

Petroquímica



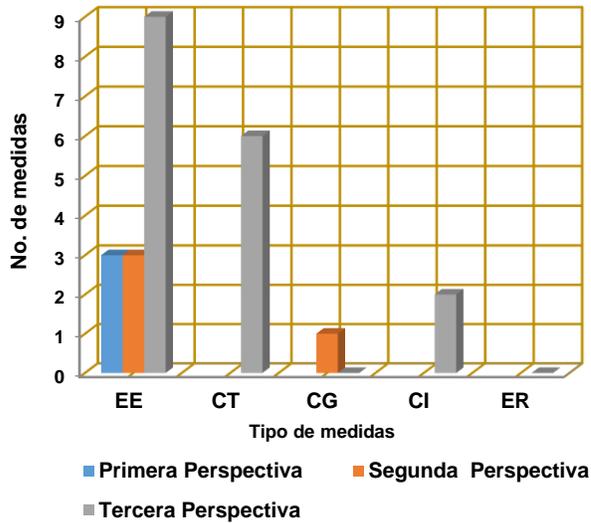
Gráfica 19.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Petroquímico.

Alimentos y bebidas



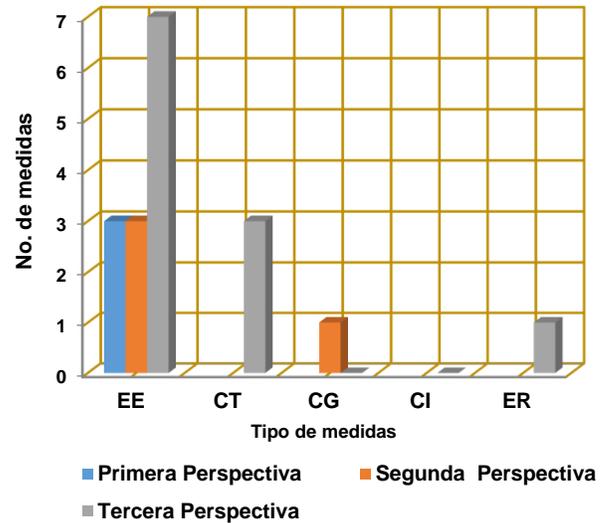
Gráfica 20.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Alimentos y bebidas.

Vidrio



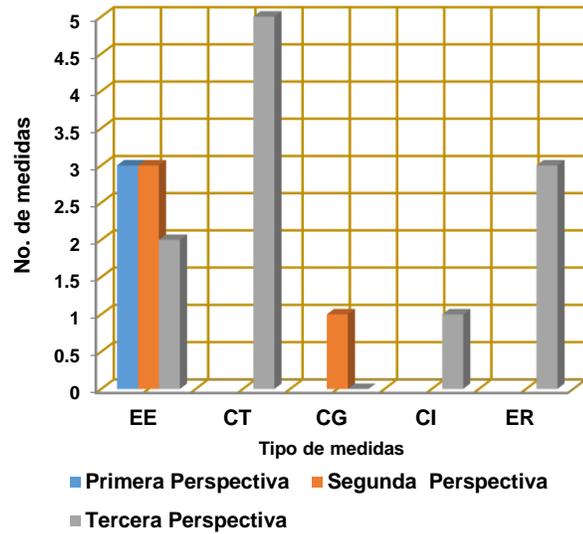
Gráfica 21.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Vidrio.

Papel



Gráfica 22.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Papel.

Automotriz



Gráfica 23.- Medidas de mitigación identificadas por perspectiva para el sector Automotriz.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.3 Determinación de la proyección de emisiones con medidas de mitigación

Como cuarta actividad, luego de haberse obtenido el BAU y haber definido, analizado, complementado, homologado y consensado con los actores clave el paquete de medidas de "Tercera Perspectiva", se desarrollaron las proyecciones estimadas de mitigación de GEI por sector. En la tabla siguiente se presenta un resumen de los resultados de estas proyecciones, en ella también se hace un análisis del grado de reducción con respecto al BAU por sector y para el grupo de sectores participantes.

Tabla 5.- Resultados y análisis de la proyección de mitigación con respecto al BAU.

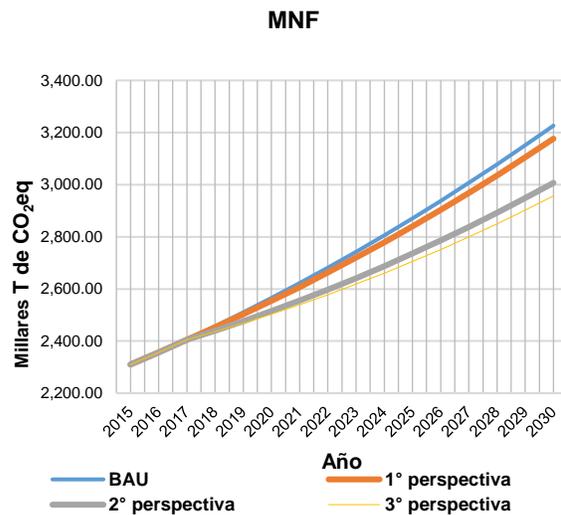
Sector subsector	ID de la medida Tercera Perspectiva	Reducción de emisiones BAU 2030 tCO ₂ eq	Total, de reducción de emisiones BAU 2030 tCO ₂ eq	BAU por sector tCO ₂ eq	BAU grupo de sectores tCO ₂ eq	% de reducción vs BAU	% total de reducción vs BAU sector	% total de reducción sector vs BAU grupo de sectores
MNF	MNF-EE-01	229.85	150,057.9	3,226,325	39,812,136	0.0001	4.65	0.38
	MNF-EE-02	551.65				0.0002		
	MNF-EE-03	229.85				0.0001		
	MNF-CI-04	36,833.35				0.01		
	MNF-EE-05	42,972.24				0.01		
	MNF-EE-06	28,552.98				0.01		
	MNF-EE-07	40,688.00				0.01		
Químico	Q-CT-01	15,476.90	856,022.0	11,075,243	0.140	7.73	2.15	
	Q-EE-02	239,130.21			2.16			
	Q-EE-03	239,130.21			2.16			
	Q-EE-04	71,739.06			0.65			
	Q-EE-05	286,956.25			2.6			
	Q-CG-06	3,589.38			0.03			
Petroquímico	PQ-EE-01	13,946.69	43,355.7	5,156,907	0.27	0.84	0.11	
	PQ-EE-02	27,470.75			0.53			
	PQ-CG-03	1,938.23			0.04			
Alimentos y bebidas	AB-CT-01	5,969.96	515,120.6	5,409,921	0.11	9.52	1.29	
	AB-CT-02	1,571.04			0.03			
	AB-EE-03	7,855.21			0.15			
	AB-CT-04	10,997.29			0.20			
	AB-CT-05	19,795.12			0.37			
	AB-CT-06	31,420.82			0.58			
	AB-ER-07	8,569.32			0.16			
	AB-EE-08	11,901.83			0.22			
	AB-EE-09	32,134.93			0.59			
	AB-CT-10	476.07			0.01			
	AB-EE-11	124,374.09			2.30			
	AB-EE-12	124,374.09			2.30			
	AB-EE-13	45,226.94			0.84			
	AB-EE-14	90,453.89			1.67			
	AB-EE-15	72,363.11			1.34			
Vidrio	V-EE-01	35,680.10	1,137,840.9	6,403,398	0.56	17.77	2.86	
	V-EE-02	14,866.71			0.23			
	V-EE-03	14,866.71			0.23			
	V-CI-04	82.68			0.00			
	V-CI-05	289.38			0.00			
	V-CT-06	50,375.09			0.79			

Sector subsector	ID de la medida Tercera Perspectiva	Reducción de emisiones BAU 2030 tCO ₂ eq	Total, de reducción de emisiones BAU 2030 tCO ₂ eq	BAU por sector tCO ₂ eq	BAU grupo de sectores tCO ₂ eq	% de reducción vs BAU	% total de reducción vs BAU sector	% total de reducción sector vs BAU grupo de sectores
	V-CT-07	195,000.34				3.05		
	V-CT-08	39,348.28				0.61		
	V-CT-9	12,593.77				0.20		
	V-EE-10	69,642.98				1.09		
	V-CT-11	10,075.02				0.16		
	V-EE-12	7,556.26				0.12		
	V-EE-13	217,053.95				3.39		
	V-EE-14	217,053.95				3.39		
	V-CT-15	32,743.81				0.51		
	V-EE-15	1,411.43				0.02		
	V-EE-17	219,200.48				3.42		
Papel	P-EE-01	30,650.17	508,481.9	4,198,653	0.73	12.11	1.28	
	P-CT-02	39,845.23			0.95			
	P-CT-03	13,240.88			0.32			
	P-EE-04	27,585.16			0.66			
	P-CT-05	790.77			0.02			
	P-ER-06	40,458.23			0.96			
	P-EE-07	176,545.00			4.20			
	P-EE-08	73,560.42			1.75			
	P-EE-09	73,560.42			1.75			
	P-EE-10	16,122.83			0.38			
	P-EE-11	16,122.83			0.38			
Automotriz	A-CT-01	16,997.22	127,716.1	4,341,689	0.39	2.94	0.32	
	A-EE-02	62,621.34			1.44			
	A-EE-03	41,747.56			0.96			
	A-CI-04	6,349.97			0.15			
Total		3,410,958	3,338,595	39,812,136	39,812,136			8.4

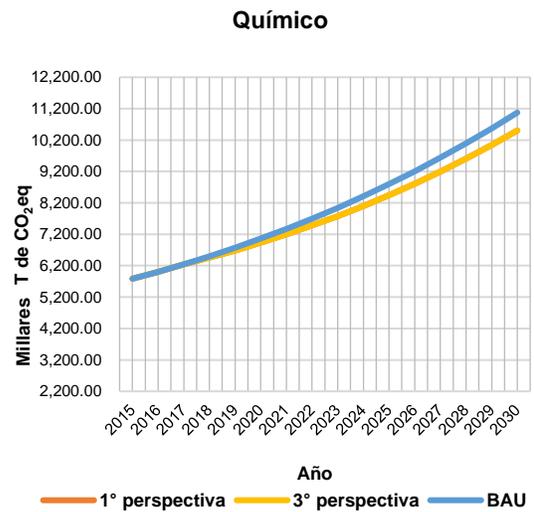
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se puede observar en la tabla anterior, los tres principales sectores que presentan mayor potencial de mitigación con respecto al total para el grupo de sectores participantes son: vidrio en primer lugar (2.86%), químico en segundo lugar (2.15%), y en tercer lugar alimentos y bebidas con el (1.29%), seguido muy de cerca por el sector papel (1.28%). Ahora bien, los tres sectores con mayor número de medidas de reducción de emisiones identificadas y con mayor potencial de reducción en el propio sector son: vidrio (17.77% de reducción con respecto al propio sector), papel (12.11%) y alimentos y bebidas (9.52%). La reducción total de emisiones estimada para el grupo de sectores de interés es de 39. 812 MtCO₂eq., que equivale al 8.4% del BAU para el grupo de sectores. El 60% de estas mediadas corresponden a EE (2,816 MtCO₂eq equivalente al 82.9% con respecto al total de los sectores de interés), el 27% a CT (0.483 MtCO₂eq y equivalente al 14.2% con respecto al total de los sectores de interés), el 6% a CI (0.0435 MtCO₂eq equivalente al 1.3% con respecto al total de los sectores de interés), el 3% a CG (0.00527 MtCO₂eq equivalente al 0.2% con respecto al total de los sectores de interés), el restante 3% a ER (0.049 MtCO₂eq equivalente al 1.4% con respecto al total de los sectores de interés).

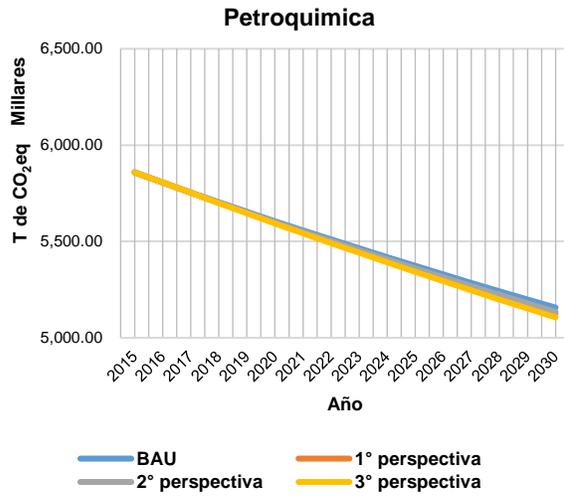
En los siguientes gráficos se presenta de manera esquemática los resultados de la estimación de reducción de mitigación por perspectiva y su relación con el BAU.



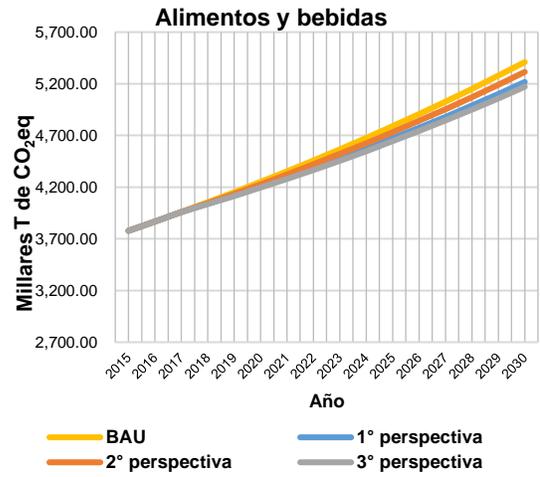
Gráfica 24.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector MNF. México 2015-2030.



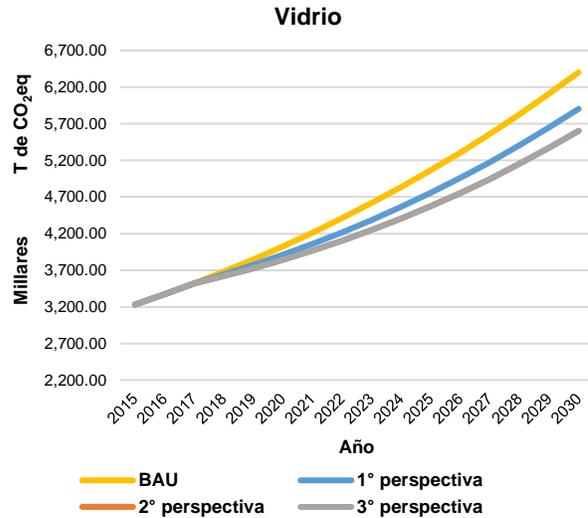
Gráfica 25.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Químico. México 2015-2030.



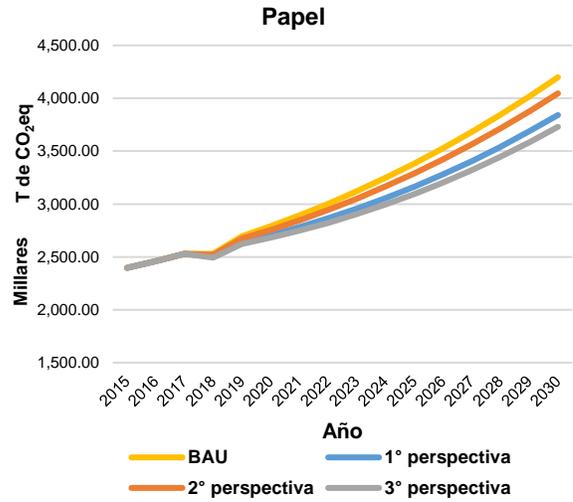
Gráfica 26.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Petroquímico. México 2015-2030.



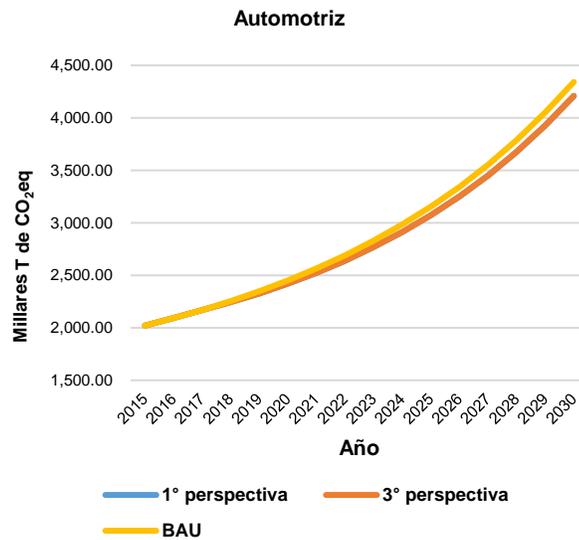
Gráfica 27.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Alimentos y bebidas. México 2015-2030.



Gráfica 28.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Vidrio. México 2015-2030.



Gráfica 29.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Papel. México 2015-2030.



Gráfica 30.- Estimación de reducción de emisiones de GEI por perspectiva y su relación con el BAU para el sector Automotriz. México 2015-2030.

Fuente: Elaboración propia con información del INECC, 2017.

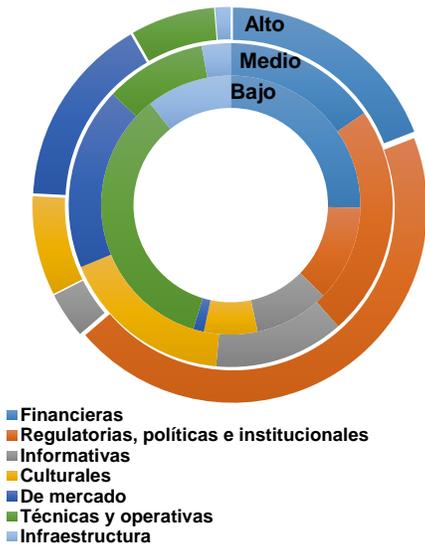
4.4 Identificación de necesidades y barreras

Si bien son claros los múltiples beneficios que trae consigo la implementación de acciones de eficiencia energética, cambio tecnológico, cambio de combustibles, modernización tecnológica, uso de la energía renovable, y en general acciones de reducción de emisiones de GEI, estas a la fecha no han tenido tanta auge como se esperaría. Esta situación es provocada principalmente por la existencia de múltiples necesidades y barreras que limitan el desarrollo de programas y/o planes de acción en la materia. En este sentido, como parte de los trabajos de análisis con el sector privado, se identificaron, homologaron y consensuaron una serie de necesidades y barreras que se deberán considerar antes de implementar un determinado programa y/o plan acción que permita cumplir con los objetivos de la CND.

De acuerdo con el resultado de necesidades y barreras, estas fueron categorizadas en siete rubros: financieras (13); regulatorias/políticas /institucionales (20); informativas (8); institucionales/culturales (8); de mercado (10); técnicas y operativas (8); y de infraestructura (2). (Ver Anexo I)

Después de analizar las necesidades y barreras para la implementación de acciones de mitigación de GEI, se determinó como de mayor importancia y prioridad el rubro *regulatorio, políticas públicas e institucional*, en un segundo nivel el *financiero*, seguido del rubro *de mercado* y del rubro de *técnicas y operativas*. A continuación, se presenta de manera esquemática los resultados de este análisis para cada uno de los sectores de interés.

Grupo sectores



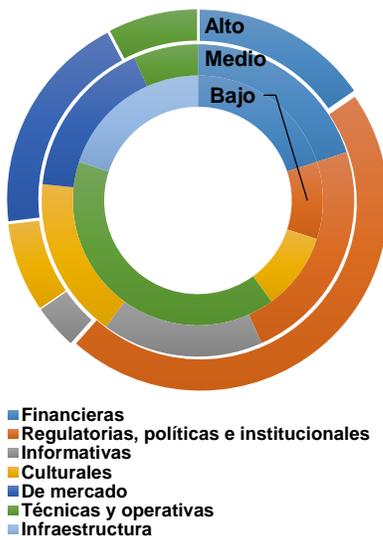
Gráfica 31.- Análisis de necesidades y barreras para el Grupo de sectores de interés.

MNF



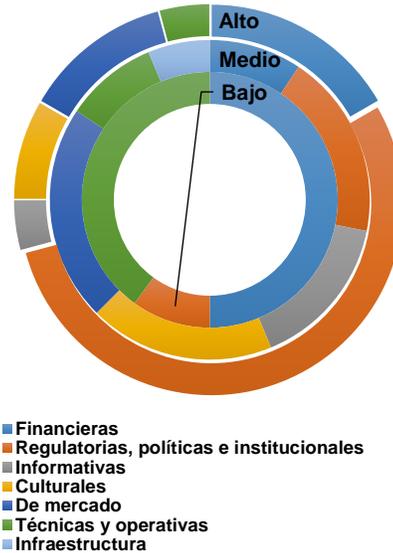
Gráfica 32.- Análisis de necesidades y barreras para el sector MNF.

Químico



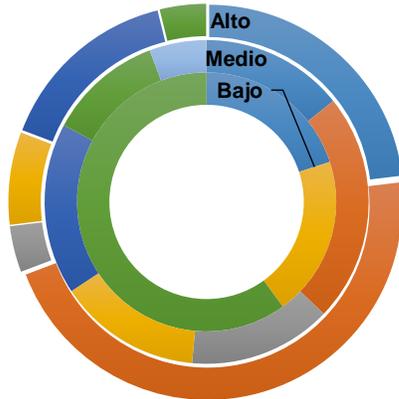
Gráfica 33.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Químico.

Petroquímica



Gráfica 34.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Petroquímico.

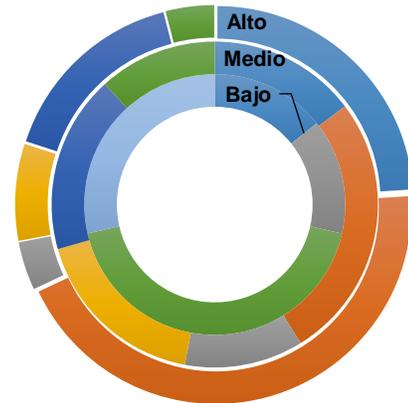
Alimentos y bebidas



- Financieras
- Regulatorias, políticas e institucionales
- Informativas
- Culturales
- De mercado
- Técnicas y operativas
- Infraestructura

Gráfica 35.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Alimentos y bebidas.

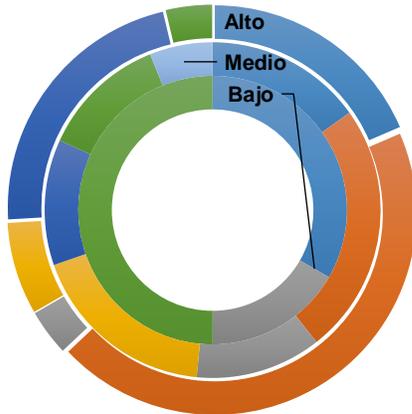
Vidrio



- Financieras
- Regulatorias, políticas e institucionales
- Informativas
- Culturales
- De mercado
- Técnicas y operativas
- Infraestructura

Gráfica 36.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Vidrio.

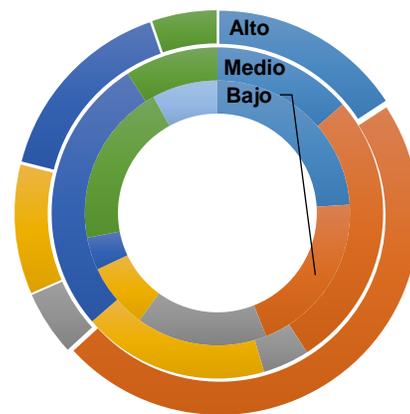
Papel



- Financieras
- Regulatorias, políticas e institucionales
- Informativas
- Culturales
- De mercado
- Técnicas y operativas
- Infraestructura

Gráfica 37.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Alimentos y bebidas.

Automotriz



- Financieras
- Regulatorias, políticas e institucionales
- Informativas
- Culturales
- De mercado
- Técnicas y operativas
- Infraestructura

Gráfica 38.- Análisis de necesidades y barreras para el sector Vidrio.

Fuente: Elaboración propia, 2017

4.5 Facilitadores

Los facilitadores son acciones o información que puede apoyar la implementación de medidas de mitigación de emisiones de GEI en el sector industrial.

Si bien el gobierno federal ha llevado a cabo diversos programas en cuyos objetivos ha buscado promover acciones y proyectos para el uso eficiente de la energía, como son: Programa Liderazgo Ambiental para la Competitividad (PLAC), el cual tiene como objetivo contribuir a la generación de valor agregado en cadenas de suministro, mediante la mejora del desempeño ambiental; Programa de Eficiencia Energética; Programa de Generación Distribuida y el Eco-Crédito Empresarial Masivo el cual se encuentra a cargo del FIDE; por mencionar algunos. La aplicación e implementación de estos programas pueden representar un aporte importante en el cumplimiento de los objetivos de la CND, estos no han tenido la penetración deseada o no son completamente conocidos por el sector industrial.

A continuación, se presenta un resumen de los principales programas, instrumentos y fondos que pueden ser utilizados para llevar el desarrollo e implementación de acciones de mitigación de GEI por la optimización de los procesos productivos y el uso eficiente de la energía.

4.5.1 Programas

Programa 1

Nombre del programa: Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sustentable⁸. Ley General de Cambio Climático establece como principio de la Política Nacional de Cambio Climático: “La adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones de carbono”. Busca a través del consumo y la producción cambiar los patrones tradicionales hacia estilos de vida sustentables, definiendo como Producción y consumo sustentable el uso de bienes y servicios que responden a las necesidades básicas y mejoran la calidad de vida, minimiza el uso de recursos naturales, materiales tóxicos, además de la generación de residuos y contaminantes durante todo el ciclo de vida, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Objetivo: Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones de carbono.

Dirigido a: Empresas que actualmente emitan la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, por ejemplo, del sector eléctrico, las dedicadas a la refinación de hidrocarburos, las cementeras, las acereras, las papeleras y las del sector petroquímico.

Página web: http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/6_Estrategia-Nacional-de-Produccion-y-Consumo-Sustentable_Mexico.pdf

⁸<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/30927/EstrategiaNacionaldeProduccionyConsumoSustentable.pdf>

Programa 2

Nombre del programa: Programa de Estímulos a la Innovación (PEI).

Objetivo: Incentivar, a nivel nacional, la inversión de las empresas en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través del otorgamiento de estímulos complementarios, de tal forma que estos apoyos tengan el mayor impacto posible sobre la competitividad de la economía nacional.

Dirigido a: Empresas mexicanas inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT), que realicen actividades de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDTI) en el país, de manera individual o en vinculación con Instituciones de Educación Superior públicas o privadas nacionales (IES) y/o Centros e Institutos de Investigación públicos nacionales (CINV).

Página web: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>

Programa 3

Nombre del programa: Programa Liderazgo Ambiental para la Competitividad (PLAC).

Objetivo: Contribuir a la generación de valor agregado en cadenas de suministro, mediante la mejora del desempeño ambiental. Asimismo, incubar, a través del desarrollo de capacidades, la metodología de capacitación y acompañamiento técnico de mejora del desempeño ambiental para la competitividad en cadenas de valor, organismo de fomento industrial y empresas de México.

Dirigido a: Micros, pequeñas y medianas empresas de cualquier sector económico, con al menos 11 empleados, en cuyo proceso productivo de manufactura, transformación o servicio puedan generar afectaciones negativas importantes al ambiente, pueden participar las diferentes instalaciones, plantas, naves de proceso o unidades de negocio de una misma razón social.

Página web: <http://www.gob.mx/profepa/acciones-y-programas/programa-de-liderazgo-ambiental-para-la-competitividad>F-56619

Programa 4

Nombre del programa: Eco-Crédito Empresarial Masivo del FIDE.

Objetivo: Aumentar la competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas PyMES y reducir sus costos de operación, a través del ahorro y uso eficiente de la energía.

Dirigido a: Micro, pequeñas y medianas empresas (PyMES). Las tecnologías sujetas a financiamiento son:

- Refrigeradores comerciales.
- Cámaras de refrigeración.

- Equipos de aire acondicionado (de 1 a 10 toneladas de refrigeración).
- Motores eléctricos.

Página web:

http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=645&Itemid=224

Programa 5

Nombre del programa: Generación Distribuida del FIDE.

Objetivo: Propiciar beneficios económicos a los usuarios del servicio de energía eléctrica, incrementar su competitividad y contribuir a la disminución de emisiones contaminantes al medio ambiente.

Dirigido a: Persona física con servicio de energía eléctrica proporcionado por la CFE en la tarifa Doméstica de Alto Consumo “DAC” o MiPyMEs (Personas morales o físicas con actividad empresarial) que tengan contratado el servicio de energía eléctrica con la CFE en tarifas generales en baja y media tensión, sin adeudos con la CFE.

Página web:

http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=658&Itemid=283

Programa 6

Nombre del programa: Eficiencia Energética.

Objetivo: Promover e inducir, con acciones y resultados, el uso eficiente de energía eléctrica, a través, de proyectos que permitan la vinculación entre la innovación tecnológica y el consumo de energía eléctrica, mediante la aplicación de tecnologías eficientes.

Dirigido a: Comercios y servicios, industrias y Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs).

Equipos para financiar:

- | | | |
|--|---|---|
| • Aire acondicionado | • Luminarias y/o lámparas para alumbrado público | • Motores eléctricos de alta eficiencia |
| • Aislamiento térmico | • Lámparas de vapor de sodio de alta presión | • Refrigeración |
| • Automatización y monitoreo remoto | • Lámparas fluorescentes compactas | • Sensores de presencia |
| • Balastos electrónicos | • Lámparas fluorescentes lineales T-5 y T-8 y reflectores especulares | • Transformadores (cambio de tarifa) |
| • Bombas para pozos | | • Unidades generadoras de agua helada |
| • Compresores de aire | | • Variadores de velocidad |
| • Control de la demanda | | • Ventilación |
| • Equipos de proceso | | |
| • Generadores de energía eléctrica en pequeña escala | | |

hasta 500 kW con fuentes alternas (fotovoltaicas, biogás, gas natural y eólicas) • Luminarias con LED's (diodos emisores de luz) Micro cogeneración • y, en general, equipos de alta eficiencia energética

Página web:

http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=219

4.5.2 Instrumentos

Nombre: Mercado de carbono⁹.

Instrumento o mecanismo de financiamiento para apoyar a las empresas que pueden reducir sus emisiones por medio de compras de permisos de emisión; cada permiso corresponde a una tonelada de dióxido de carbono que no es emitido a la atmósfera. Es un mecanismo de financiamiento adicional para apoyar a las empresas que pueden reducir sus emisiones. La compañía que reduce sus emisiones asiste a la SEMARNAT para obtener una certificación, lo que le otorgará permisos de emisiones; así otra empresa a la que se le dificulta bajar sus niveles de contaminación podrá comprar dichos permisos.

Objetivo: Apoyar a empresas con menor facilidad en la reducción.

Dirigido a: Empresas que actualmente emitan la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, por ejemplo, del sector eléctrico, las dedicadas a la refinación de hidrocarburos, las cementeras, las acereras, las papeleras y las del sector petroquímico.

Página web: <https://www.gob.mx/gobmx/articulos/que-es-y-porque-beneficia-a-mexico-el-mercado-de-carbono>

4.5.3 Fondos

Fondo 1

Nombre: Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía.

Fideicomiso creado para atender las principales problemáticas y oportunidades del sector eléctrico a través de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Objetivo: Brindar soluciones a las principales problemáticas que afectan al sector eléctrico nacional mediante la promoción de la investigación y el desarrollo tecnológico.

Dirigido a: universidades e instituciones de educación superior públicas y particulares, centros, laboratorios, empresas públicas y privadas y demás personas que se inscriban en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas que establece la Ley de Ciencia y Tecnología.

⁹<https://www.gob.mx/gobmx/articulos/que-es-y-porque-beneficia-a-mexico-el-mercado-de-carbono>.

Página web: <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/cfe-conacyt>.

Fondo 2

Nombre: Fondo de Innovación Tecnológica (FIT).

Objetivo: fomentar iniciativas de innovación de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) de Base Tecnológica, así como de *start up* y personas físicas con actividad empresarial que realicen proyectos de innovación tecnológica significativos y con alto potencial de ser colocados en el mercado como innovaciones tecnológicas.

Dirigido a: Personas físicas o morales la cual será definida en la convocatoria correspondiente.

Página web:

<http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/fondo-de-innovacion-tecnologica-fit>

Fondo 3

Nombre: Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)-Programa de fomento ganadero, componente de sustentabilidad pecuaria.

El Concepto de Infraestructura y equipo para cubrir aspectos sanitarios y para llevar a cabo el control, manejo y aprovechamiento de las excretas de los animales, se atenderán mediante la construcción y/o rehabilitación de biodigestores, así como con la construcción y equipamiento de plantas de combustión o gasificación de estas biomasas.

Objetivo: Apoyar a las Unidades Económicas Pecuarias para la adquisición de bienes de apoyo a la producción y mejorar las tierras de pastoreo y agostaderos.

Dirigido a: Unidades económicas del subsector ganadero, ya sean personas físicas o morales.

Página web: http://www.firco.gob.mx/componentes%20_2016/Paginas/SustentabilidadF-Pecuaria.aspx

De manera complementaria en el Anexo D se presenta una base de datos con información de los diferentes programas y esquemas de financiamiento internacional y nacional que a la fecha existen para el desarrollo de acciones de mitigación de emisiones de GEI y usos eficientes de la energía.

4.6 Costos implementación y abatimiento

4.6.1 Costos de implementación

Son claros los beneficios que resultan al implementar acciones de mitigación de emisiones de GEI y motivar el uso óptimo de la energía en el sector industrial, como por ejemplo: mitigación del cambio

climático; disminución de la vulnerabilidad causada por la dependencia de combustibles fósiles; reducción de costos por generación, transmisión y distribución; mayor preservación de los recursos naturales nacionales; reducción del costo por pago de energía; aumento de la productividad y competitividad de las empresas, entre otros. Por lo anterior, las inversiones destinadas a la implementación de este tipo de acciones y proyectos deberían ser considerados como cualquier otro tipo de inversión; lo que significa que tendrían que ser estudiados con las mismas herramientas de evaluación económica, además de contar con su respectivo análisis de riesgo, sin embargo, por la naturaleza propia de este tipo de proyectos, este análisis no ha sido realizado de manera apropiada por los tomadores de decisiones, lo cual ocasiona que a la fecha exista poca penetración en el sector industrial.

Haciendo un comparativo, la diferencia de inversión en acciones y/o programas de implementación de eficiencia energética y/o sustentabilidad energética frente a otras inversiones radica en que los ingresos son generados por los ahorros directos del consumo óptimo de la energía y no por las actividades que constituyen directamente al ingreso económico propio de la empresa, esto a pesar de que los retornos de la inversión en este tipo de proyectos son relativamente bajos. Por otro lado, la evaluación de las inversiones en eficiencia energética y sustentabilidad energética han sido tema de análisis tanto del área de la ingeniería como del área financiera, así como de organizaciones privadas y gubernamentales que promueven este tipo de acciones, pues a la fecha forma parte de la política energética nacional.

Prácticamente los criterios utilizados para evaluar estas acciones y/o proyectos son el VPN, la TIR y el *payback*, a pesar de existir otras herramientas. De éstos la metodología más utilizada para la evaluación de inversiones es el *payback* el cual es comúnmente utilizado como una simple regla para la toma de decisión para reducir el riesgo a través de la limitación del análisis a periodos cortos de recuperación.

Si bien en México se han desarrollado diversos programas y proyectos tanto sectoriales como particulares en los cuales se estima mediante la identificación de medidas de uso eficiente de la energía un potencial de reducción del consumo energético y de emisiones de GEI, en lo relacionado a los costos de implementación existe muy poca información disponible, por lo cual resulta lógico considerar que la implementación de las medidas identificadas en estos proyectos es muy limitada, aunado a que difícilmente existe un monitoreo y seguimiento con el cual se tenga información del éxito o no de los mismos; sumando también a esta poca disponibilidad de información, debido a que la información relativa a los proyectos no es pública.

A continuación se muestran algunas medidas de mitigación de las cuales se seleccionaron las que cuentan con mayor potencial y la viabilidad de ser implementadas para incorporarse a la curva de costos marginales de abatimiento.

Tabla 6. Lista de medidas para curva de costos marginales de abatimiento.

Tipo de medida	Código	Medida	tCO ₂ eq mitigación al 2030
EE	MNF-EE-01	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	229.9
	MNF-EE-02	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	551.6
	MNF-EE-03	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	229.9
	MNF-EE-05	Implementar quemador de alta eficiencia en hornos.	42,972.2
	MNF-EE-06	Implementar sistemas de recuperación de calor residual, para precalentamiento (aire de combustión y material de carga), incorporación de sistemas de tiro forzado con recuperación de calor	28,553.0
	MNF-EE-07	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas y equipos de control.	40,688.0
	PQ-EE-01	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	13,946.7
	PQ-EE-02	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	27,470.7
	AB-EE-03	Implementar la deshidratación antes del secado	7,855.2
	AB-EE-08	Implementar sistemas de recuperación de calor residual	11,901.8
	AB-EE-09	Sistema de recuperación de vahos de ebullición de mosto	32,134.9
	AB-EE-11	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	124,374.1
	AB-EE-12	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	124,374.1
AB-EE-13	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	45,226.9	

Tipo de medida	Código	Medida	tCO ₂ e _q mitigación al 2030
	AB-EE-14	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	90,453.9
	AB-EE-15	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	72,363.1
	V-EE-01	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	35,680.1
	V-EE-02	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	14,866.7
	V-EE-03	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	14,866.7
	V-EE-10	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	69,643.0
	V-EE-12	Implementar sistemas de recuperación de calor para precalentamiento de materia prima	7,556.3
	V-EE-13	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	217,053.9
	V-EE-14	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	217,053.9
	V-EE-16	Modernización de los hornos de fundición	1,411.4
	V-EE-17	Priorizar el reciclado	219,200.5
	P-EE-01	Optimizar los sistemas de vapor por recuperación de condensados	30,650.2
	P-EE-04	Implementar sistemas de recuperación de calor residual, para precalentamiento (aire de combustión y material de carga), incorporación de sistemas de tiro forzado con recuperación de calor	27,585.2
	P-EE-07	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	176,545.0
	P-EE-08	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	73,560.4

Tipo de medida	Código	Medida	tCO ₂ e _q mitigación al 2030
	P-EE-09	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	73,560.4
	P-EE-10	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	16,122.8
	P-EE-11	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	16,122.8
	A-EE-02	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control	62,621.3
	A-EE-03	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	41,747.6
CI	MNF-CI-04	Potencializar el reciclaje de material	36,833.3
	V-CI-04	Implementar "peletización" de lote	82.7
	V-CI-05	Realizar reformulación del lote	289.4
	A-CI-04	Implementar tecnología y procesos de pintado con líneas de pintura base-agua	6,350.0
CT	Q-CT-01	Electrificación de hornos y calentadores que actualmente operan con combustibles fósiles	15,476.9
	AB-CT-01	Implementar la re-compresión mecánica y térmica de vapor (MVR y TVR)	5,970.0
	AB-CT-02	Implementar sistemas de pasteurización	1,571.0
	AB-CT-04	Uso de nuevas tecnologías en los procesos de secado	10,997.3
	AB-CT-05	Implementar sistemas de recuperación de calor en turbinas para secadores de lecho "fluidizado"	19,795.1

Tipo de medida	Código	Medida	tCO ₂ e _q mitigación al 2030
	AB-CT-06	Electrificación de hornos y calentadores que actualmente operan con combustibles fósiles	31,420.8
	AB-CT-10	Puesta en marcha de una planta de biogás	476.1
	V-CT-06	Electrificación de hornos y calentadores que actualmente operan con combustibles fósiles	50,375.1
	V-CT-07	Sustitución de combustibles por otros de menor factor de emisión o neutros	195,000.3
	V-CT-08	Uso de pre-calentadores que utilizan gases residuales	39,348.3
	V-CT-9	Mejoras en el diseño del horno	12,593.8
	V-CT-11	Uso de la oxicomcombustión (fusión por oxicomcombustión)	10,075.0
	V-CT-15	Llevar acabo la captura de carbono	32,743.8
CG	Q-CG-06	Implementar la cogeneración y tri-generación	3,589.4
	PQ-CG-03	Implementar la cogeneración térmico- energético (CHP)	1,938.2
ER	AB-ER-07	Utilización de biomasa y bioenergéticos como combustible en calderas y secadores	8,569.3
	P-ER-06	Implementar el uso de biomasa en Calderas y CHP	40,458.2

Fuente: Elaboración propia, 2017

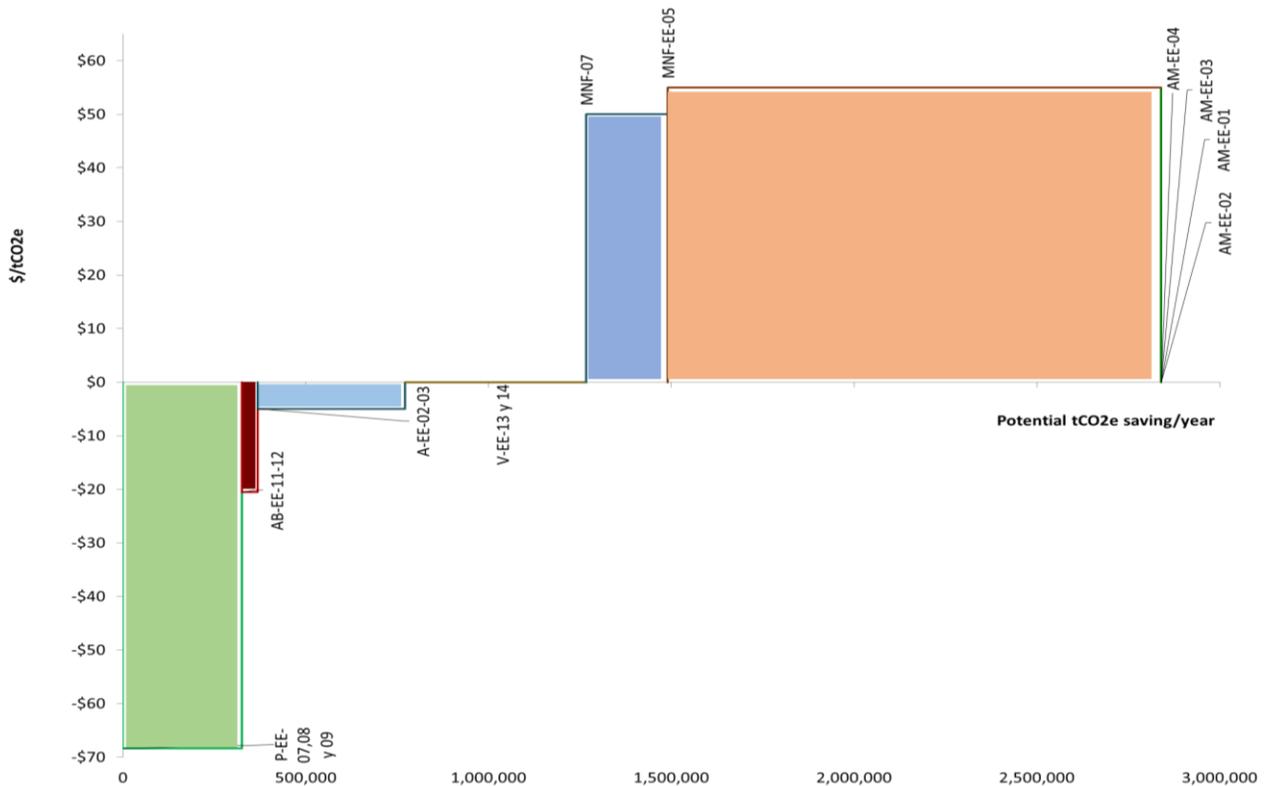
De este paquete de medidas se realizó una selección de las once medidas con mayor potencial de mitigación, aplicabilidad y replicabilidad, de estas medidas posteriormente se realizó una integración de aquellas cuyas acciones específicas de mitigación a implementar en equipos y sistemas consumidores de combustibles fósiles tuvieran una similitud muy estrecha, como es el caso de los sistemas de calentamiento, hornos y generadores de vapor, quedando entonces un paquete de siete medidas de las cuales se realizó el llenado de la ficha de "Rutas tecnológicas para reporte de las medidas analizadas para las rutas de mitigación". Ver Anexo. E.

4.6.2 Costos de abatimiento

Se entienden como costos de abatimiento a los beneficios percibidos por la implementación de acciones en un proceso de referencia por una opción o medida de bajas misiones.

Para la interpretación gráfica de estos costos de abatimiento se emplea lo que se conoce como curva de costos marginales de abatimiento en la cual se incorpora el criterio de costo-efectividad. Esta curva analiza datos técnicos y costos económicos incrementales para diferentes alternativas de abatimiento utilizando un enfoque ascendente, de abajo a arriba. En el eje horizontal se grafica el potencial de abatimiento de cada medida o iniciativa (en tCO₂e). En el eje vertical se grafica el costo marginal de abatimiento (\$/tCO₂e evitada o reducida).

En la siguiente gráfica se visualiza la curva de abatimiento para las medidas seleccionadas (Anexo E). Se puede observar que las medidas con valor positivo se encuentran al inicio (izquierda) y están focalizadas principalmente a acciones de eficiencia energética y las que tienen un valor negativo se ubican al final del gráfico (derecha), estas medidas representan un costo mayor al costo de implementación, por lo que el tiempo de retorno de inversión es también mayor, aunque estas medidas también significan una mayor mitigación de las emisiones de GEI.



Gráfica 39. Curva de abatimiento de costos para las Rutas tecnológicas.

Tabla 7. Agrupación de medidas para las Rutas tecnológicas.

Clave	Medida	Tipo de medida	Sector	tCO ₂ eq	US\$/tCO ₂
P-EE-07,08 y 09	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas, reducción de pérdidas en los sistemas de distribución de vapor y agua caliente e implementación de buenas prácticas operativas en usuarios.	Eficiencia Energética	Papel	325,000	-68.4
AB-EE-11-12	Optimizar la eficiencia de los hornos y secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	Eficiencia Energética	Alimentos y Bebidas	229,000	-38.5
A-EE-02-03	Optimizar la eficiencia de los hornos y secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	Eficiencia Energética	Automotriz	104,500	-38.5
V-EE-13 y 14	Optimizar la eficiencia de los hornos y secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	Eficiencia Energética	Vidrio	434,000	-38.5
MNF-07	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas y equipos de control.	Eficiencia Energética	Metales No Ferrosos	41,000	-20.5
MNF-EE-05	Implementar quemador de alta eficiencia en hornos.	Eficiencia Energética	Metales No Ferrosos	43,000	-20.5
AM-EE-04	Mitigación de GyCEI por mejora tecnológica en elaboración de amoniaco	Eficiencia Energética	Amoniaco	403,000	-5.0
AM-EE-03	Proyecto de captura de CO ₂ para recuperación mejorada de crudo (EOR)	Tecnologías bajas en Carbono	Amoniaco	496,000	0.0
AM-EE-01	Proyecto de mitigación neta por CCS posterior a recuperación mejorada de crudo (EOR)	Cambio de Tecnología	Amoniaco	223,000	50.0
AM-EE-02	CCS para capacidad de producción firme de amoniaco en Pemex Fertilizantes	Cambio de Tecnología	Amoniaco	1,350,000	55.0

Fuente: Elaboración propia, 2017

4.7 Planteamiento general de MRV para las rutas de mitigación acorde a la CN

Como penúltima etapa de esta metodología y considerando la importancia que representa el asegurar el seguimiento al cumplimiento de las acciones de mitigación identificadas en este documento, se presenta un planteamiento general de la aplicación de un sistema de *Medición, Reporte y Verificación (MRV)*, haciendo especial énfasis en la importancia que representa el poder contar con información que permita asegurar la calidad, veracidad, exactitud, consistencia, transparencia y representatividad de los resultados alcanzados a través de la implementación de acciones para la puesta en marcha de las distintas medidas de mitigación de GEI en los sectores industriales de interés. Dicho planteamiento general se presenta en un siguiente capítulo dentro de este documento.

Los puntos clave que contempla este sistema MRV son:

Cobertura	<p>Medidas de mitigación las emisiones de CO₂, CH₄, y N₂O por quema de combustibles en industrias; CO₂, CH₄, N₂O, HFC, y SF₆ por procesos industriales.</p> <p>Involucramiento de actores (sector público, industria) y sus interacciones para el logro de las actividades implícitas en los elementos MRV. Los sectores involucrados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industria de los Metales No Ferrosos • Industria Química • Industria Petroquímica • Industria del Vidrio • Industria del Papel y Cartón • Industria Automotriz • Industria de Alimentos y bebidas
Periodicidad	<p>La ejecución deberá ser inmediata, siendo deseable realizar un “año de corte” de información para el procesamiento de los resultados de cada elemento MRV en al menos cada año.</p>
Metodología General	<p>La implementación de un MRV implica acciones de medición, reporte y verificación de la mitigación de emisiones. La metodología para emplear en la implementación de los elementos MRV consiste básicamente en los pasos que a continuación se listan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición de objetivos de los subsectores en base a las acciones de mitigación particulares • Dimensionamiento del sistema • Planeación y asignación de responsabilidades de cada actor • Revisión inicial de las fuentes de información y/o líneas base o escenario de referencia • MEDICIÓN <ul style="list-style-type: none"> ○ Evaluación general de la eficiencia de las acciones de mitigación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo de actividades derivadas de las acciones de mitigación ▪ Recolección de la información ▪ Mejoramiento de la calidad de la información y la consistencia de los datos • REPORTE <ul style="list-style-type: none"> ○ Análisis de las actividades de reducción de emisiones y sus resultados (desde línea base hasta resultados subsecuentes). <ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterización de acciones y sus resultados ▪ Tipos de registro o concentración de la información ▪ Metodología de cálculo de emisiones y de registro de impacto de las acciones de mitigación

- VERIFICACIÓN
 - Diseño de plan de verificación
 - Confirmación de alineación de elementos de medición y reporte
 - Confirmación de alineación con los objetivos del programa de mitigación
 - Proporcionar información a los grupos o actores interesados
 - Adopción de nuevos compromisos de mitigación
 - Generación de información comparable
 - Producción de información transparente
- Ejecución, revisión y cumplimiento del sistema MRV
 - Seguimiento de los avances
 - Reporte de nivel de cumplimiento de las metas del sistema MRV

Disponibilidad	Desde el inicio o implementación del sistema, debe existir capacidad operativa para el cumplimiento de los objetivos de las acciones de mitigación. El sistema debe tener presencia para todos los actores involucrados, principalmente para cada responsable. Esto no quiere decir que sea un sistema abierto para todos los actores involucrados. Según el nivel de responsabilidad deberá ser el nivel de acceso al sistema.
Tipo de datos	El tipo de datos que se deberán recopilar, serán los necesarios para la actualización de la línea base o referencia de información. O bien, datos sistematizados que deberán ser generados por los actores involucrados en la generación directa de GyCEI. Obligatoriamente los datos deberán ser cuantitativos, verificables y comparables con referencias anteriores. El grado cualitativo de la información estará implícito una vez que la calidad y confiabilidad de la información quede manifestada a través de la comprobación inmediata de la información o su correspondiente verificación tanto interna como externa.
Periodicidad de los datos	Para el caso de los registros: un “año de corte” de información con referencias semanales, mensuales, según sea el caso, escenario, sector o medida de mitigación.

Dentro de los criterios a considerar para el seguimiento de las medidas de mitigación se tienen:

Vigencia	La vigencia o duración de las reducciones para su contabilización, estará definida por periodo de tiempo de “corte” en donde este no podrá ser mayor a un año. Se requiere que todas las medidas de mitigación ofrezcan máximo resultados en un período no mayor a un año. Los registros de medición podrán realizarse en todo momento, según la acción de mitigación, pero esta acción, deberá entregar registros, para su contabilización y análisis posterior. Posteriormente se pueden completar las tareas de reporte y verificación del “año de corte”. De esa forma podrán efectuarse los registros correspondientes en algún Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
Fuentes de información	Las fuentes de información deberán ser del orden privado, público o información generada por el ámbito académico; nacional e internacional. Principalmente para todos los sectores, la información utilizada para la actualización de la información surgirá en un inicio principalmente de las cédulas de operación anual (COA) de SEMARNAT. Se deberán generar mecanismos más eficientes para cada subsector, ya que la COA captura únicamente las emisiones de usuarios a nivel federal. Es deseable establecer un proceso en el que se tome en cuenta a los usuarios estatales. Es indispensable el registro puntual de la actividad energética del sector industrial para identificar potenciales de eficiencia energética, habilitar la formación de mercados de servicios energéticos, maximizar las medidas de mitigación y asegurar su monitoreo, reporte y verificación. Se recomienda recabar de forma obligatoria los datos de consumo de combustibles para la industria a nivel estatal y a partir de un sistema de registro de actividad o las emisiones directas de chimeneas y procesos.

Actores	Los actores involucrados deberán ser principalmente del ámbito privado y público.
Medición / Monitoreo	
Categorización de la información	La información que se requiere medir o monitorear deberá ser información de generación de emisiones tomando en cuenta los resultados de las acciones de mitigación.
Relevancia de la información	<p>La información obtenida, deberá ser el resultado de una revisión de los objetivos del plan o programa de mitigación y una prioridad en la planeación del sistema. Este aspecto es de suma importancia, ya que de la importancia de la información y del tratamiento adecuado de la misma, dependerá la calidad, la disponibilidad y el tratamiento de la misma.</p> <p>La información en todo momento deberá ser considerada como fundamental, evidente y trascendente. Deberá estar basada en indicadores específicos de mitigación para dar seguimiento puntual a las medidas de mitigación planteadas, además su obtención debe ser fácil y de bajo costo.</p>
Alcance	<p>El alcance de la medición tendrá por objeto primordial a los siguientes subsectores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industria de los Metales No Ferrosos • Industria Química • Industria Petroquímica • Industria del Vidrio • Industria del Papel y Cartón • Industria Automotriz • Industria de Alimentos y bebidas <p>El ámbito de recolección deberá ser nacional, cuyo orden será el federal, estatal y con miras a ser del orden municipal; por segmento, por tamaño de la industria, por dimensión o calidad de la generación o emisión; por cámara, por división, por proceso; incluso podrá ser por proyecto, programa o política, dependiendo de la planeación del sistema y de la pertinencia de la información.</p>
Fuentes de información	Serán todos aquellos documentos, bases de datos o sistemas que contengan datos útiles para satisfacer los requerimientos establecidos en la planificación inicial del sistema (se incluyen los datos para la actualización de la línea base, la generación de indicadores y demás datos que respondan a las expectativas planteadas en un programa de mitigación. La distinción de las fuentes adecuadas de información estará caracterizada por la distinción entre fuentes primarias de información (información actualizada o resultado de un procesamiento de la misma) y de fuentes secundarias de información (guías específicas del sector, recomendaciones de eficiencia energética en el sector, entre otros documentos).
Línea base	Se requiere de una actualización constante o el desarrollo de escenarios tendenciales de emisiones o de mitigación. Dichos escenarios servirán para representar tendencias con o sin la implementación de medidas de mitigación. Lo cual servirá para poder asumir los posibles impactos derivados de dichos escenarios.

Factores de emisión	Para este caso, el sistema MRV no tiene por objetivo principal el de generar factores de emisiones, sin embargo, a través de la recolección de la información y su posterior análisis se podrá coadyuvar en la generación de información muestra para la generación de indicadores y factores de emisión.
Consistencia entre periodos	La planeación del MRV y la definición de los objetivos deberán ser de tal calidad, que permitan la consistencia de las mediciones, del monitoreo y de la recopilación de la información en un período en común que podrá ser de un año.
Formato para la solicitud de la información	El sistema de medición MRV deberá contar con un formulario estandarizado de solicitud de información, el cual estará delimitado por la metodología, los alcances, la relevancia y la consistencia de la información. Dichos formatos deberán ser generados por sector, subsector, actor, dependencia o bien también el establecimiento de fichas de información correspondientes a políticas o medidas específicas generadas por algún actor involucrado medida específica).
Asignación de responsables	<p>La responsabilidad no recaerá en un actor en particular ya que el MRV planteado es un sistema con múltiples áreas de trabajo y la asignación de responsabilidades nos conduce al compromiso sustancial de generar o monitorear información con respeto a los objetivos iniciales y en el marco de un enfoque de mejora continua. Se propone el desarrollo de una matriz de responsabilidades la cual se utilizará para la gestión del MRV y relacionará actividades enfocadas a la medición, reporte y verificación con los recursos o recopilación final en tiempo y forma de la información requerida.</p> <p>Podrán existir las siguientes figuras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsables de información • Responsable de elaboración de informe de medición o monitoreo o etapas subsecuentes • Responsables de aseguramiento de calidad
Sanciones	Se deberá prever un esquema de sanciones o bien un aseguramiento general del compromiso por realizar las acciones a través de un mecanismo de cumplimiento voluntario.
Reporte	
Presentación Accesibilidad de la información reportada	Se deberá incluir una puesta a disposición del proceso MRV a través de un flujo continuo de información de manera transparente, clara, desagregada, comparable, periódica y sistematizada La información deberá estar disponible para cada actividad, según lo reporte la matriz de responsabilidades.
Periodicidad	La periodicidad del reporte estará delimitada por un “año de corte” de información, del cual se espera tener principalmente los datos derivados de la etapa de medición o monitoreo de información.

<p>Relación con instrumentos de mitigación</p>	<p>Deberán incluirse de manera clara, toda relación que se pueda mantener con otros instrumentos de mitigación como por ejemplo el PECC, RENE, NAMA, entre otros instrumentos tanto nacionales como internacionales.</p>
<p>Beneficios</p>	<p>Se deberán tomar muy en cuenta los beneficios obtenidos desde etapas posteriores hasta esta fase los cuales apoyarán en el fortalecimiento de la administración para la mitigación de las emisiones de GyCEI; el mejoramiento de la calidad y consistencia de los datos y sobre todo la de proporcionar información a los grupos de interés.</p>
<p>Desarrollo de indicadores</p>	<p>Los indicadores ayudarán a la medición del desempeño de una acción o medida de mitigación. Genéricamente deberá incluir todo aspecto ya sea ambiental, político, social o económico que facilite la labor de evaluación o análisis del sistema. Será imprescindible, el establecimiento de un subsistema de indicadores basado en una matriz. Dicha matriz deberá establecerse desde la planeación del sistema; su construcción deberá comprender la alineación del objetivo del MRV con los objetivos del programa de acciones de mitigación; deberá incorporar indicadores que midan los objetivos y resultados esperados y de referencia para el seguimiento y verificación; se deberán describir todas las actividades que sirvan para producir dichos indicadores.</p>
<p>Actualización de información</p>	<p>La actualización de la información es una actividad de relevancia considerable y que deberá tomarse en cuenta como actividad principal en la etapa de Reporte. Dicha actividad será el resultado de la comparación entre la línea base o información de inicio, y la información que se estará recopilando o monitoreando a lo largo del proceso. Esta actualización deberá describirse en términos de su disponibilidad y acceso; así como también de los procesos internos y de las herramientas de que se valdrá para su generación.</p> <p>Algunos sistemas alternos de los que se podrá echar mano son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • COA • RENE (componente 1 y 2) • INEGI • Programas GEI • RETC • Bases de datos del Inventario de cada sector
<p>Responsable de la información</p>	<p>Así como en la etapa de medición y monitoreo, deberán incluirse responsables de la información, los cuales podrán ser definidos por etapa o por tipo de actor o subsector.</p>
<p>Responsable de la revisión</p>	<p>Los responsables de revisión serán los encargados de realizar una retroalimentación y comentarios de mejora para los reportes subsecuentes.</p>
<p>Verificación</p>	

<p>Tipos de verificación a emplear</p>	<p>El proceso de verificación no deberá entorpecer a las acciones encaminadas para el logro de los objetivos del programa. En todo momento deberán complementar todas las acciones enfocadas para el logro de los mismos. Los implementadores del proceso MRV deberán acordar los objetivos de la verificación desde la planeación. Deberá garantizarse que la verificación está universalmente aceptada y que tenga enfoque de transparencia. La verificación deberá tener una garantía de calidad. Deberá garantizar o asegurar la credibilidad y responsabilidad. Podrá requerir varias instancias o instituciones. Podrán realizarse 2 tipos de verificación: Interna y externa (en 4 fases)</p> <p>Primera fase. - Auditoría Interna Segunda fase. - Verificación por parte de los actores Tercera fase. - Verificación llevada a cabo por un tercero calificado Cuarta fase. - Declaración emitida por un organismo gubernamental</p>
<p>Esquemas de verificación</p>	<p>Tal y como se mencionó en anteriormente, el esquema de verificación a emplearse deberá incluir al menos 4 fases principales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primera fase <ul style="list-style-type: none"> • Auditoría Interna • Aseguramiento de calidad • Auto declaración • Segunda fase <ul style="list-style-type: none"> • Verificación por parte de los actores involucrados • Identificación del estado de cumplimiento • Tercera fase <ul style="list-style-type: none"> • Verificación por una entidad independiente o un tercero acreditado o calificado • Cuarta fase <ul style="list-style-type: none"> • Declaración gubernamental, de las industrias que participan en el proceso MRV
<p>Grado de evidencia documental</p>	<p>La evidencia documental generada directamente desde los actores directamente involucrados (subsectores), deberá abarcar varios registros que dan soporte al sistema: datos de producción, consumo de combustibles balances energéticos, relación con otros esquemas certificados, medición de eficiencia de una medida, desviación, etc. Algunos documentos o información serán sometidos a una revisión externa o revisión crítica a través de instancias externas, se consideran más confiables que otros documentos elaborados localmente en cada industria. Aunque es poco común, la evidencia creada fuera de las empresas será transmitida a los auditores. La confiabilidad de los documentos o información crítica dependerá de la eficacia del control interno. Entre estos documentos se podrán tener:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencias informáticas. • Documentos electrónicos. • Informes de especialistas. <p>Las evidencias informáticas estarán contenidas en soportes electrónicos o programas y aplicaciones utilizados en los procedimientos. Además de la verificación de la información resultado de las medidas de mitigación aceptadas, se deberá validar el método de declaración de información en sistemas alternos, por ejemplo, la COA-web tiene validaciones internas de la información técnica de manera sistemática, pero es posible que estas reglas de validación no cuenten con el detalle para comprobar el cumplimiento de acciones de mitigación o partan de información imprecisa. Se propone considerar mantener registros históricos públicos de los reportes para que pueda ser validada por terceros.</p>
<p>Verificación in situ</p>	<p>Se deberá prever un tipo de verificación in situ; Es sumamente imprescindible este tipo de verificación se podrán evidenciar acciones incorrectas del control oportuno de la calidad de la información y de los trabajos de cooperación y responsabilidad. Esta etapa es crucial, ya que se podrán evidenciar algunos vicios e incumplimientos de especificaciones técnicas; se podrán adoptar posteriormente medidas para su corrección oportuna. Este tipo de verificación podrá realizarse desde la primera fase del esquema de verificación.</p>

Verificadores	<ul style="list-style-type: none"> -Internos designados -Actores -Externos calificados
Tiempos de verificación	<p>Para el caso de este esquema MRV, el proceso de verificación no es un proceso lineal, ni escalonado en cada una de sus acciones. Si bien es necesario tener datos y referencias para verificar, las acciones que se estarán revisando, por su propia naturaleza tendrán que verificarse de manera aislada al menos en las dos primeras fases). Se deberá recurrir a un plan de verificación el cual contemple las acciones de cada fase del esquema de verificación a través de un cronograma de trabajo calendarizado en fecha y tiempos; el cual no podrá excederse del “año de corte” mencionado y propuesto en los demás elementos.</p>

Fuente: Elaboración propia Equipo Consultor GTS Ingeniería Integral, S.A. de C.V., 2017.

Basado en lo anterior, se presenta de manera esquemática el diagrama de responsabilidades MRV.

Finalmente, en las siguientes tablas se presenta de manera detallada la estrategia MRV para los sectores y subsectores de interés, en ella se engloban los diferentes puntos clave del sistema, actores, responsabilidades, indicadores, documentos, línea base, BAU, acciones de mitigación, etc.

Tabla 8.- Detalle de estrategia MRV para sectores de interés parte 1.

Ídem	Documento, acción o actor	Sectores y subsectores A		
		Vidrio	Alimentos y bebidas	Papel
B	COA	✓	Solo si Art. 87 de la LGCC	✓
	RENE	✓	Solo si Art. 87 de la LGCC	✓
	RETC	✓	NP	✓
	LAU	✓	✓	✓
	Licencias y registros estatales	✓	✓	✓
	Auditoría Ambiental e inspecciones	✓	✓	✓
	Censos económicos	✓	✓	✓
	Encuestas industriales	✓	✓	✓
	Encuestas de opinión empresarial	✓	✓	✓
C	PIB	0.5%	✓	2%
	Unidades económicas	1,045		4,828 (2.9% grandes empresas)
	Indicador global de actividad económica	✓	✓	✓
	Indicador de la inversión	✓	✓	✓
D	SENER	✓	✓	✓
	SEMARNAT	✓	✓	✓
	PROFEPA	✓	✓	✓
	SE	✓	✓	✓
	SHCP	✓	✓	✓
	INECC	✓	✓	✓
	CONUEE	✓	✓	✓
	CENAGAS	✓	✓	✓
	CRE	✓	✓	✓
	Gobierno estatal	✓	✓	✓
	INEGI	✓	✓	✓
	Organizaciones internacionales	✓	✓	✓
E	Actores Cámaras y Asociaciones empresariales	Owens Illinois	CONMEXICO	Cámara del Papel
		Vidriera Guadalajara SA de CV	CONCAMIN	AMEE
		Vidriera Industrial del Potosí S.A. de C.V.	CONIMOT	
		Guardian Industries VP S.A de R.L de C.V	CANAINPA	
		Vitro Vidrio y Cristal S.A. De C.V.	CANIAG	
			CANAMI	
			CANAICA	

Ídem	Documento, acción o actor		Sectores y subsectores A		
			Vidrio	Alimentos y bebidas	Papel
F	Reportes estadísticos		✓	✓	✓
	Reportes e informes de sustentabilidad		NP	NP	✓
	Informes anuales		NP	NP	✓
	Infografías		NP	NP	✓
	Revistas técnicas sectoriales		Visual PRO	Visual PRO	Visual PRO
	Línea base del sector al 2015 tCO ₂ eq		3,230,424.42	3,778,260.66	2,396,330.63
	Perspectiva de emisiones al 2030 sin medidas de mitigación tCO ₂ eq		6,360,089.27	5,409,921.45	4,198,653.97
	Mitigación total estimada para el año 2030 tCO ₂ eq		867,893.30	556,062.89	466,865.13
	% mitigación respecto a la línea base 2015		13.6%	10.3%	11.1%
	Nama del sector		NE	NE	NAMA-MX-012
G	Representantes de:				
	SENER		✓		
	CONUEE		✓	✓	✓
	INECC		✓	✓	✓
	SEMARNAT		✓	✓	✓
	SHCP		✓	✓	✓
	Cámaras industriales u Organizaciones empresariales, organizaciones internacionales		Owens Illinois Vitro Vidrio y Cristal S.A. De C.V. Organizaciones internacionales	CONMEXICO Organizaciones internacionales	Cámara del Papel AMEE Organizaciones internacionales
H	SENER	Balance Nacional de Energía	✓	✓	✓
		Leyes, reglamentos, normas y programas en materia de sustentabilidad energética	✓	✓	✓
	SEMARNAT	Leyes, reglamentos, normas oficiales y normas NMX, y programas. en materia de GEI	✓	✓	✓
		Programas de gestión para mejorar la calidad del aire (PROAIRE)	✓	✓	✓
		Resguardo de LAU	✓	✓	✓
		Resguardo de COA	✓	✓	✓
	PROFEPA	Informe de auditoría ambiental e informes de inspección y verificación industrial	✓	✓	✓
	INECC	Actualización del inventario de GEI	✓	✓	✓
		Evaluación de las políticas de mitigación	✓	✓	✓
		Cooperación internacional	✓	✓	✓
		Investigación científica en temas de salud ambiental	✓	✓	✓
Propuestas de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático		✓	✓	✓	

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsector A		
			Vidrio	Alimentos y bebidas	Papel
		Propuestas de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero	✓	✓	✓
		Factores de emisión	✓	✓	✓
SE		Indicadores económicos	✓	✓	✓
		Balanza comercial	✓	✓	✓
		Crecimiento económico	✓	✓	✓
		Información estadística	✓	✓	✓
SHCP		Programas y esquemas de financiamiento	✓	✓	✓
		Paquetes económicos	✓	✓	✓
CONUEE		Desarrollo de programas sectoriales	✓	✓	✓
		Programas transversales de normalización y sistemas de eficiencia de la energía	✓	✓	✓
		Modelación e indicadores de eficiencia energética	✓	✓	✓
		Cooperación internacional	✓	✓	✓
		Información de transición energética	✓	✓	✓
		Guías, metodologías y manuales	✓	✓	✓
		Aprovechamiento sustentable de la energía	✓	✓	✓
CENAGAS		Tarifas de gas natural	✓	✓	✓
		Matriz e indicadores de resultados de gas natural	✓	✓	✓
		Autorización para prestación de servicios distribución de gas natural	✓	✓	✓
CRE		Solicitudes de permisos para uso de combustibles	✓	✓	✓
		Permisos de generación de energía eléctrica ER	✓	✓	✓
		Certificados de energías limpias	✓	✓	✓
		Permisos Comercialización de hidrocarburos	✓	✓	✓
Gobierno estatal		Auditorías y auto regulación	✓	✓	✓
		LAU	✓	✓	✓
		Constancia de regulación e incentivos fiscales	✓	✓	✓
		Licencias, registro en materia de emisiones de GEI	✓	✓	✓
		COA	✓	✓	✓
		COI	✓	✓	✓
INEGI		Censos económicos	✓	✓	✓
		PIB y cuantías nacionales	✓	✓	✓
		Sistema automatizado de información censal	✓	✓	✓
		DENUE	✓	✓	✓

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsector A									
			Vidrio		Alimentos y bebidas			Papel				
		Encuestas mensuales de la industria manufacturera		✓			✓		✓			
		Banco de información económica		✓			✓		✓			
	Organismos internacionales	Desarrollo de programas sectoriales, esquemas de financiamiento, estudios, etc.		✓			✓		✓			
-	Medidas	Clave y objetivo de la medida 1	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq	V-EE-01	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	636,008.93	AB-CT-01	Implementar la recompresión mecánica y térmica de vapor (IMVR y TVR)	2,380,365.44	P-EE-01	Optimizar los sistemas de vapor por recuperación de condensados	3,065,017.40
			Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq			35,680.10			5,969.96			30,650.17
			Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq									
			Inversión estimada \$									
		Clave y objetivo de la medida 2	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq	V-EE-02	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	636,008.93	AB-CT-02	Implementar sistemas de pasteurización	2,380,365.44	P-CT-02	Implementar recuperación de calor en campanas cerradas	3,065,017.40
			Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq			14,866.71			1,571.04			39,845.23
			Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq									
			Inversión estimada \$									
		Clave y objetivo de la medida 3	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq	V-EE-03	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	636,008.93	AB-EE-03	Implementar la deshidratación antes del secado	2,380,365.44	P-CT-03	Instalar economizadores en calderas de vapor	3,065,017.40
			Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq			14,866.71			7,855.21			13,240.88
			Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq									
			Inversión estimada \$									
		Clave y objetivo de la medida 4	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq	V-CI-04	Implementar pelletización de lote	254,403.57	AB-CT-05	Uso de nuevas tecnologías en los procesos de secado	2,380,365.44	P-EE-04	Implementar sistemas de recuperación de calor residual por tiro forzado para precalentamiento	3,065,017.40
			Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq			82.68			10,997.29			27,585.16
			Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq									
			Inversión estimada \$									
		Clave y objetivo	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq	V-CI-05	Realizar refor mulación del	254,403.57	AB-CT-05		2,380,365.44	P-CT-05	Implementar sistemas de ciclos orgánicos de Rankine, bombas	3,065,017.40

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsector A								
			Vidrio		Alimentos y bebidas		Papel				
		Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq Inversión estimada \$			289.38		Implementar sistemas de recuperación de calor en turbinas para secadores de lecho fluidizado	19,795.12		de calor y tecnología similar de recuperación de calor	790.77
	Clave y objetivo de la medida 6	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq Inversión estimada \$	V-CT-06	Electrificación de hornos y calentadores que actualmente operan con combustibles fósiles	4,642,865.17 50,375.09	AB-CT-06	Electrificación de hornos y calentadores que actualmente operan con combustibles fósiles	2,380,365.44 31,420.82	P-EE-06	Implementar el uso de biomasa en Calderas y CHP	3,065,017.40 40,458.23
	Clave y objetivo de la medida 7	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq Inversión estimada \$	V-CT-07	Sustitución de combustibles por otros de menor factor de emisión o neutros	4,642,865.17 195,000.34	AB-ER-07	Utilización de biomasa y bioenergéticos como combustible en calderas y secadores	2,380,365.44 8,569.32	P-EE-07	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	3,065,017.40 176,545.00
	Clave y objetivo de la medida 8	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq Inversión estimada \$	V-CT-08	Uso de precalentadores que utilizan gases residuales	4,642,865.17 39,348.28		Implementar sistemas de recuperación de calor residual	2,380,365.44 11,901.83	P-EE-08	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	3,065,017.40 73,560.42
	Clave y objetivo de la medida 9	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq Inversión estimada \$	V-CT-9	Mejoras en el diseño del horno	4,642,865.17 12,593.77	AB-EE-09	Sistema de recuperación de vahos de ebullición de mosto	2,380,365.44 32,134.93	P-EE-09	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	3,065,017.40 73,560.42
	Clave y objetivo de la medida 10	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq	V-CT-10	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando	4,642,865.17 69,642.98	AB-CT-10	Puesta en marcha de una planta de biogás	2,380,365.44 476.07	P-EE-11	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	335,892.32 16,122.83

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsector A										
			Vidrio			Alimentos y bebidas			Papel				
			Inversión estimada \$										
		Clave y objetivo de la medida 11	Emisiones al 2015 tCO2eq	V-EE-11	Uso de la oxidación (fusión por oxidación)	4,642,865.17	AB-EE-11	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	2,380,365.44	P-EE-12	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	335,892.32	
	Perspectiva de emisiones al 2030 tCO2eq		10,075.02			124,374.09			16,122.83				
	Costos de abatimiento \$/tCO2eq												
	Inversión estimada \$												
		Clave y objetivo de la medida 12	Emisiones al 2015 tCO2eq	V-CT-12	Implementar sistemas de recuperación de calor para precalentamiento de materia prima	4,642,865.17	AB-EE-12	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	2,380,365.44				
	Perspectiva de emisiones al 2030 tCO2eq		7,556.26			124,374.09							
	Costos de abatimiento \$/tCO2eq												
	Inversión estimada \$												
		Clave y objetivo de la medida 13	Emisiones al 2015 tCO2eq	V-EE-13	Optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	4,642,865.17	AB-EE-13	Reducción de pérdidas en sistemas de distribución de vapor	1,731,174.86				
	Perspectiva de emisiones al 2030 tCO2eq		217,053.95			45,226.94							
	Costos de abatimiento \$/tCO2eq												
	Inversión estimada \$												
		Clave y objetivo de la medida 14	Emisiones al 2015 tCO2eq	V-EE-14	Optimizar la eficiencia de los secadores, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control.	4,642,865.17	AB-EE-14	Optimizar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor	1,731,174.86				
	Perspectiva de emisiones al 2030 tCO2eq		217,053.95			90,453.89							
	Costos de abatimiento \$/tCO2eq												
	Inversión estimada \$												
		Clave y objetivo de la medida 15	Emisiones al 2015 tCO2eq	V-EE-15	Llevar acabo la captura de carbono	4,642,865.17	AB-EE-15	Optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor	1,731,174.86				
	Perspectiva de emisiones al 2030 tCO2eq		32,743.81			72,363.11							
	Costos de abatimiento \$/tCO2eq												
	Inversión estimada \$												

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsector A					
			Vidrio		Alimentos y bebidas		Papel	
	% de aplicabilidad en el sector vs % esperado al 2030							
	% de implementación en el sector % esperado al 2030							
	Intensidad energética posterior a la implementación de las medidas tCO2eq							
K	INECC		✓		✓		✓	
	CONUEE		✓		✓		✓	
	Cámaras u asociaciones industriales		Owens Illinois		CONMEXICO		Cámara del Papel	
			Vitro Vidrio y Cristal S.A. De C.V.		CONCAMIN		AMEE	
L	Relación con diagrama de responsabilidad MRV / Acción							
	Medición/monitoreo	Categorización de la información solicitada	K y G	✓	K y G	✓	K y G	✓
		Identificación de la información relevante que se requiere	G y K	✓	G y K	✓	G y K	✓
		Pertinencia de elaboración de plantilla formato para la solicitud de la información	K	✓	K	✓	K	✓
		Responsable de la información	G y K	✓	G y K	✓	G y K	✓
		Acciones de aseguramiento del cumplimiento	G	✓	G	✓	G	✓
M	Reporte	Especificación de la información requerida	✓		✓		✓	
		Programa y periodicidad del monitoreo	✓		✓		✓	
		Identificación de formatos y/o plantillas para recabar información	✓		✓		✓	
		Asignación de responsabilidades específicas	✓		✓		✓	
		Identificación de sanciones por incumplimiento	✓		✓		✓	
		Estructura, contenido y formato de presentación del informe de monitoreo	✓		✓		✓	
		Definir periodicidad de la medición y monitoreo	✓		✓		✓	

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsector A		
			Vidrio	Alimentos y bebidas	Papel
		Sistematizar e identificar la información indirecta del sector que se ha de utilidad para la medición y monitoreo	✓	✓	✓
		Reporte de medición y monitoreo	✓	✓	✓
		Desarrollo de indicadores	✓	✓	✓
		Proceso de retroalimentación	✓	✓	✓
		Informe de medición y monitoreo	✓	✓	✓
K	Representantes de asociaciones de verificación acreditadas por EMA:				
	AMUVAA		✓	✓	✓
	ANCE		✓	✓	✓
	NYCE		✓	✓	✓
J	Verificación	Especificación de la información requerida	✓	✓	✓
		Programa y periodicidad del monitoreo	✓	✓	✓
		Asignación de responsabilidades específicas	✓	✓	✓
		Procedimiento y metodología de verificación	✓	✓	✓
		Identificación de formatos y/o plantillas para recabar información	✓	✓	✓
		Programa y periodicidad de la verificación	✓	✓	✓
		Esquema de verificación	✓	✓	✓
		Grado de evidencia documental	✓	✓	✓
		Sistematizar e identificar la información indirecta del sector que se ha de utilidad para la verificación	✓	✓	✓
		Estructura, contenido y formato de presentación del informe de verificación	✓	✓	✓
		Identificación de sanciones por incumplimiento	✓	✓	✓
		Reporte de verificación	✓	✓	✓

Tabla 9.- Detalle de estrategia MRV para sectores de interés parte 2.

Ídem	Documento, acción o actor	Sectores y subsectores A			
		Químico	MNF	Automotriz	Petroquímico
B	COA	✓	✓	✓	✓
	RENE	✓	✓	✓	✓
	RETC	✓	✓	✓	✓
	LAU	✓	✓	✓	✓
	Licencias y registros estatales	✓	✓	✓	✓
	Auditoría Ambiental e inspecciones	✓	✓	✓	✓
	Censos económicos	✓	✓	✓	✓
	Encuestas industriales	✓	✓	✓	✓
Encuestas de opinión empresarial	✓	✓	✓	✓	
C	PIB	10.7%	✓	2.3%	✓
	Unidades económicas	5,042 (farmacéutico 770)	284	2,828 (solo el 2.7% autos y camiones)	
	Indicador global de actividad económica	✓	✓	✓	✓
	Indicador de la inversión	✓	✓	✓	✓
D	SENER	✓	✓	✓	✓
	SEMARNAT	✓	✓	✓	✓
	PROFEPA	✓	✓	✓	✓
	SE	✓	✓	✓	✓
	SHCP	✓	✓	✓	✓
	INECC	✓	✓	✓	✓
	CONUEE	✓	✓	✓	✓
	CENAGAS	✓	✓	✓	✓
	CRE	✓	✓	✓	✓
	Gobierno estatal	✓	✓	✓	✓
INEGI	✓	✓	✓	✓	
Organizaciones internacionales	✓	✓	✓	✓	
E	Actores Cámaras y Asociaciones empresariales €	ANIQ	CANACINTRA	AMIA	ANIQ
		CANAFARMA	CANACERO	ANPACT	
		ANAFAN	Cámara Nacional de la Industria del Aluminio	INA	
			CANAFEM		
			IMEDAL		
F	Reportes estadísticos	✓	✓	✓	✓
	Reportes e informes de sustentabilidad	✓	✓	✓	✓
	Informes anuales	✓	✓	✓	✓
	Infografías	✓	✓	✓	✓
	Revistas técnicas sectoriales	Visual PRO	Visual PRO		Visual PRO

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsectores A			
			Químico	MNF	Automotriz	Petroquímico
	Línea base del sector al 2015 tCO2eq		5,785,086.61	2,310,143.68	2,021,167.66	5,858,637.76
	Perspectiva de emisiones al 2030 sin medidas de mitigación tCO2eq		11,075,243.23	3,226,325.61	4,341,689.80	3,569,483.69
	Mitigación total estimada para el año 2030 tCO2eq		856,022.01	150,057.92	127,716.10	43,355.66
	% mitigación respecto a la línea base 2015		8.7%	4.7%	5.1%	1.2%
	Nama del sector		NE	NE	NE	Autotransporte Federal de carga en México
G	Representantes de:					
	SENER					
	CONUEE		✓	✓	✓	✓
	INECC		✓	✓	✓	✓
	SEMARNAT		✓	✓	✓	✓
	SHCP		✓	✓	✓	✓
	Cámaras industriales u Organizaciones empresariales, organizaciones internacionales		ANIQ CANIFARMA Organizaciones internacionales	CANAFEM Cámara Nacional de la Industria del Aluminio IMEDAL Organizaciones internacionales	AMIA ANPACT Organizaciones internacionales	ANIQ Organizaciones internacionales
H	SENER	Balance Nacional de Energía	✓	✓	✓	✓
		Leyes, reglamentos, normas y programas en materia de sustentabilidad energética	✓	✓	✓	✓
	SEMARNAT	Leyes, reglamentos, normas oficiales y normas NMX, y programas. en materia de GEI	✓	✓	✓	✓
		Programas de gestión para mejorar la calidad del aire (PROAIRE)	✓	✓	✓	✓
		Resguardo de LAU	✓	✓	✓	✓
			Resguardo de COA	✓	✓	✓
	PROFEPA	Informe de auditoría ambiental e informes de inspección y verificación industrial	✓	✓	✓	✓
	INECC	Actualización del inventario de GEI	✓	✓	✓	✓
		Evaluación de las políticas de mitigación	✓	✓	✓	✓
		Cooperación internacional	✓	✓	✓	✓
		Investigación científica en temas de salud ambiental	✓	✓	✓	✓
		Propuestas de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático	✓	✓	✓	✓
		Propuestas de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero	✓	✓	✓	

Ídem	Documento, acción o actor		Sector y subsectores A			
			Químico	MNF	Automotriz	Petroquímico
	SE	Factores de emisión	✓	✓	✓	✓
		Indicadores económicos	✓	✓	✓	✓
		Balanza comercial	✓	✓	✓	✓
		Crecimiento económico	✓	✓	✓	✓
		Información estadística	✓	✓	✓	✓
	SHCP	Programas y esquemas de financiamiento	✓	✓	✓	✓
		Paquetes económicos	✓	✓	✓	✓
	CONUEE	Desarrollo de programas sectoriales	✓	✓	✓	✓
		Programas transversales de normalización y sistemas de eficiencia de la energía	✓	✓	✓	✓
		Modelación e indicadores de eficiencia energética	✓	✓	✓	✓
		Cooperación internacional	✓	✓	✓	✓
		Información de transición energética	✓	✓	✓	✓
		Guías, metodologías y manuales	✓	✓	✓	✓
	CENAGAS	Aprovechamiento sustentable de la energía	✓	✓	✓	✓
		Tarifas de gas natural	✓	✓	✓	✓
		Matriz e indicadores de resultados de gas natural	✓	✓	✓	✓
	CRE	Autorización para prestación de servicios distribución de gas natural	✓	✓	✓	✓
		Solicitudes de permisos para uso de combustibles	✓	✓	✓	✓
		Permisos de generación de energía eléctrica ER	✓	✓	✓	✓
		Certificados de energías limpias	✓	✓	✓	✓
	Gobierno estatal	Permisos Comercialización de hidrocarburos	✓	✓	✓	✓
		Auditorías y auto regulación	✓	✓	✓	✓
		LAU	✓	✓	✓	✓
		Constancia de regulación e incentivos fiscales	✓	✓	✓	✓
		Licencias, registro en materia de emisiones de GEI	✓	✓	✓	✓
		COA	✓	✓	✓	✓
INEGI	COI	✓	✓	✓	✓	
	Censos económicos	✓	✓	✓	✓	
	PIB y cuantías nacionales	✓	✓	✓	✓	
	Sistema automatizado de información censal	✓	✓	✓	✓	
		DENUE	✓	✓	✓	✓

Ídem	Documento, acción o actor		Sector es y subsectores A										
			Químico		MNF		Automotriz		Petroquímico				
	Clave y objetivo de la medida 19	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq											
		Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq											
		Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq											
		Inversión estimada \$											
	Clave y objetivo de la medida 20	Emisiones al 2015 tCO ₂ eq											
		Perspectiva de emisiones al 2030 tCO ₂ eq											
		Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq											
		Inversión estimada \$											
J	Intensidad energética por unidades de producción física PJ/PIB												
	Costos de abatimiento \$/tCO ₂ eq mitigado												
	% de aplicabilidad en el sector vs % esperado al 2030												
	% de implementación en el sector % esperado al 2030												
	Intensidad energética posterior a la implementación de las medidas tCO ₂ eq												
K	INECC		✓		✓		✓		✓				
	CONUEE		✓		✓		✓		✓				
	Cámaras u asociaciones industriales		ANIQ		CANAFEM		AMIA		ANIQ				
		CANIFARMA		Cámara Nacional de la Industria del Aluminio		ANPACT							
L	Relación con diagrama de responsabilidad MRV / Acción												
	Medición/monitoreo	Categorización de la información solicitada	K y G	✓	K y G	✓	K y G	✓	K y G	✓			
		Identificación de la información relevante que se requiere	G y K	✓	G y K	✓	G y K	✓	G y K	✓			
		Pertinencia de elaboración de plantilla formato para la solicitud de la información	K	✓	K	✓	K	✓	K	✓			

Ídem	Documento, acción o actor		Sector es y subsectores A							
			Químico		MNF		Automotriz		Petroquímico	
		Responsable de la información	G y K	✓	G y K	✓	G y K	✓	G y K	✓
		Acciones de aseguramiento del cumplimiento	G	✓	G	✓	G	✓	G	✓
M	Reporte	Especificación de la información requerida	✓		✓		✓		✓	
		Programa y periodicidad del monitoreo	✓		✓		✓		✓	
		Identificación de formatos y/o plantillas para recabar información	✓		✓		✓		✓	
		Asignación de responsabilidades específicas	✓		✓		✓		✓	
		Identificación de sanciones por incumplimiento	✓		✓		✓		✓	
		Estructura, contenido y formato de presentación del informe de monitoreo	✓		✓		✓		✓	
		Definir periodicidad de la medición y monitoreo	✓		✓		✓		✓	
		Sistematizar e identificar la información indirecta del sector que se ha de utilidad para la medición y monitoreo	✓		✓		✓		✓	
		Reporte de medición y monitoreo	✓		✓		✓		✓	
		Desarrollo de indicadores	✓		✓		✓		✓	
		Proceso de retroalimentación	✓		✓		✓		✓	
		Informe de medición y monitoreo	✓		✓		✓		✓	
K	Representantes de asociaciones de verificación acreditadas por EMA:									
	AMUVAA		✓		✓		✓		✓	
	ANCE		✓		✓		✓		✓	
	NYCE		✓		✓		✓		✓	
J	Verificación	Especificación de la información requerida	✓		✓		✓		✓	
		Programa y periodicidad del monitoreo	✓		✓		✓		✓	
		Asignación de responsabilidades específicas	✓		✓		✓		✓	

Ídem	Documento, acción o actor	Sector es y subsectores A			
		Químico	MNF	Automotriz	Petroquímico
	Procedimiento y metodología de verificación	✓	✓	✓	✓
	Identificación de formatos y/o plantillas para recabar información	✓	✓	✓	✓
	Programa y periodicidad de la verificación	✓	✓	✓	✓
	Esquema de verificación	✓	✓	✓	✓
	Grado de evidencia documental	✓	✓	✓	✓
	Sistematizar e identificar la información indirecta del sector que se ha de utilidad para la verificación	✓	✓	✓	✓
	Estructura, contenido y formato de presentación del informe de verificación	✓	✓	✓	✓
	Identificación de sanciones por incumplimiento	✓	✓	✓	✓
	Reporte de verificación	✓	✓	✓	✓

4.8 Ruta tecnológica para la mitigación emisiones de GEI el sector industrial de menor intensidad de generación

Como última actividad de la metodología y como parte medular de este trabajo, con la finalidad de poder abordar de forma más puntual las estrategias a seguir para dar cumplimiento a la CND, en este capítulo se presenta la propuesta de ruta tecnológica para la mitigación de emisiones de GEI aplicable a los sectores industriales (industrias, química, petroquímica, alimentos – bebidas, metalúrgica no ferrosa, vidrio, papelería y automotriz) el cual se desarrolló a partir de un análisis de políticas existentes; información cualitativa y cuantitativa de generación de emisiones; entrevistas y talleres de trabajo con actores clave, quienes dieron su opinión sobre el tipo de medidas propuestas, su factibilidad, elementos complementarios a éstas, necesidades y barreras; modelación para la estimación de los escenarios y medidas seleccionadas, y validación de resultados; a partir de lo cual se generó este plan acorde a las condiciones particulares del país. En el Anexo F se presentan de resultados de los trabajos de análisis con el sector privado como parte de las actividades para el desarrollo de rutas de instrumentación de la contribución nacionalmente determinada en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) en los sectores industriales de interés.

4.8.1 Pilares para el desarrollo de la ruta tecnológica para la mitigación de GEI

En los capítulos anteriores se presentaron las diferentes medidas de mitigación identificadas para cada uno de los sectores y subsectores industriales de interés. Bajo este enfoque y tomando como base los resultados y análisis de necesidades y barreras, se identificaron cuatro pilares clave a considerar para el desarrollo de la ruta tecnológica para la mitigación de GEI, a saber:

Gobernanza: El desarrollo de planes, programas o estrategias enfocadas al logro en la implementación de medidas de mitigación de forma efectiva requiere de la existencia de una gobernanza capaz de identificar, establecer, manejar roles claros y tiempos de ejecución en cada etapa del desarrollo de la política en materia de mitigación de GEI, por lo cual es de suma importancia la existencia de arreglos y acuerdos institucionales e interinstitucionales que definan claramente las acciones, responsabilidades y alcances de cada uno de los involucrados.

Políticas de GEI: Involucra el identificación, diseño, desarrollo e implementación de políticas, las cuales son necesarias para poder cumplir con objetivos de mitigación dentro de cada sector y subsector, y así poder lograr cumplir con las metas establecidas en la CND al año 2030. Estas políticas deben considerar entre otros puntos relevantes: Impacto ambiental (una reducción real de emisiones); Aceptación política-industrial (ser aceptables por el sector industrial de interés); Viabilidad de aplicación (ser factible su implementación tomando en consideración las características propias del sector industrial).

Recursos financieros: Es claro que la implementación de un plan de mitigación involucra la erogación de diversos gastos y la necesidad de financiamientos acordes a los requerimientos, lo cual

hace imperativo el contar con un estimado de costos requeridos, así como la identificación de las diferentes posibilidades de financiamiento existentes para su puesta en marcha. En el Anexo D se presenta una base de datos con información de los diferentes programas y esquemas de financiamiento que a la fecha existen a nivel nacional y estatal para el desarrollo de acciones de mitigación de emisiones de GEI y usos eficientes de la energía.

MRV: Se requiere de la puesta en marcha de un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) para llevar a cabo el monitoreo y de diseño de indicadores de medición apropiados, de tal manera de realizar un seguimiento de la implementación y de la verificación del cumplimiento de las metas de mitigación adoptadas en la CND en el marco de transparencia del acuerdo de París. Este sistema MRV se debe implementar en paralelo con el plan de mitigación de emisiones específicos y con un alcance, fronteras, incentivos y responsables de la acción definidos.

4.8.2 Plan de implementación

Una vez obtenida la información necesaria para la construcción del *Plan estratégico de mitigación* a saber:

- La estimación del potencial de reducción de emisiones requerida para cumplir con la meta de la CND.
- Las políticas específicas que pueden contribuir al logro de los objetivos generales y particulares, así como un plan para el desarrollo e implementación de aquellas políticas que deban ser complementadas y/o desarrolladas.
- La identificación de necesidades y barreras que limitan el desarrollo y puesta en marcha de proyectos y programas enfocados a la optimización del consumo energético en el sector industrial.
- La estimación de la inversión adicional necesaria para el desarrollo del plan respecto de un escenario de referencia, así como los costos de implementación del paquete de medidas identificadas por sector industrial.
- La estrategia de implementación del sistema MRV que será empleado para alcanzar los objetivos y cumplir con el compromiso de la CND.

Como parte de los insumos para la elaboración de un plan estratégico de mitigación que cumpla con los objetivos establecido en la CND, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), la Política Energética Nacional y la Ley General de Cambio Climático (LGCC), se generó un listado de acciones con tiempos y actores clave para la puesta en marcha de las mismas (Anexo J).

Estas acciones, junto con el análisis de medidas de mitigación, la estimación del potencial de mitigación, los costos y análisis asociados a su implementación, permitirá la precisión y detalle del *Plan estratégico de mitigación*, el cual entre otros puntos proporcione una orientación clara y objetiva sobre las acciones que pudieran implementarse en los próximos años, en el horizonte al año 2030.

5. Conclusiones

El presente documento cumple con la premisa fundamental del presente estudio: la “ *Elaboración de elementos técnicos para la instrumentación de medidas de las acciones de mitigación de las contribuciones determinadas nacionalmente NDC de las industrias siderúrgica-metalúrgica no ferrosa, química, alimentos y bebidas, vidriera, papelera y automotriz*” .

Este trabajo, presenta elementos cuantitativos y cualitativos como son: Línea Base; BAU; Análisis de necesidades y barreras; Identificación de actores clave; Medidas de mitigación; MRV; Rutas tecnológicas y Plan de acción; los cuales en conjunto servirán como instrumento para alcanzar las metas de la CND y que podrán ser parte de los insumos de la Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático.

No obstante, y de manera muy específica se deberá poner atención prioritaria en todas las necesidades de cada una de las medidas identificadas; tomando en cuenta la metodología expuesta, todo con el fin de asegurar la aplicación de las acciones con una mayor efectividad. Para ello se pone de manifiesto lo siguiente:

En relación a la participación del sector industrial; esta es fundamental para el logro de los objetivos; por ello, dicho sector debe pasar de ser un actor pasivo en los temas de mitigación a ser actor clave y dinámico, que promueva y dé seguimiento por sí mismo a las acciones y medidas identificadas. Para ello, de manera primordial, se hace énfasis en la generación de un mecanismo que conlleve a la facilitación de una participación completa y definitiva por parte de dicho sector, ya que actualmente éste, percibe muchos de los esfuerzos y medidas actuales como “no vinculantes” y esto ocasiona la falta de integración con otros sectores. Tal es el caso de un bajo interés del sector industrial en participar en este tipo de programas debido principalmente a una falta de claridad y continuidad en los programas y acciones encaminadas por el sector público responsable de su ejecución. No obstante, también se pudo observar que en algunos sectores industriales es clara su participación en el desarrollo de acciones de mitigación, pero es limitada la información que de manera directa pueden proporcionar al sector público para el desarrollo de estrategias sectoriales y estimación de costos de inversión.

Si bien, el sector industrial, deberá comportarse como un sector más activo, es recomendable generar y difundir mayor información para la cuantificación de emisiones y su mitigación. Actualmente solo se cuenta con un Balance Nacional de Energía y no existe hasta la fecha un perfil energético por cada rama de la industria, el cual pueda ser actualizado año tras año. Además, la información que actualmente se está generando en lo que se refiere a emisiones GyCEI a través de diferentes mecanismos, no es lo suficientemente manejable, no es vinculante y es de difícil acceso hasta para el propio sector que lo administra. Además de tener un carácter de cumplimiento obligatorio por parte del sector industrial a la autoridad ambiental, en su mayoría no son del todo confiables, lo que ocasiona que no puedan ser en su totalidad útiles para la cuantificación de emisiones ni para la identificación de medidas de mitigación. Por lo general el sector industrial percibe estos instrumentos como un mero requisito burocrático; tal es el caso del RETC, que aunque

tiene bastante información del sector industrial por rama de actividad, no es tan manejable y carece de mecanismos que le den mayor certeza y confianza sobre la información que en éste se presenta.

Se propone, la realización de vínculos formales de participación o complementos a los ya existentes, con sector industrial para el desarrollo de los inventarios. Esto podrá darle más confianza al sector para motivar su participación en otras actividades encaminadas a las medidas mencionadas.

Asimismo, debido a la falta de integración y vinculación entre sectores, la identificación de las medidas de mitigación, del segmento de la industria que se abordó en este documento, se dificulta. En ese sentido se pudo identificar que las medidas con mayor posibilidad de desarrollo óptimo, es el relacionado con las medidas de eficiencia energética lo cual representa una ventaja ya, que este tipo de medidas son fácilmente asimiladas por el sector, resultan un poco más fácil para acceder económicamente y representan beneficios en emisiones cuantificables de manera directa. En ese sentido existen dos oportunidades identificadas: en primer lugar, y dado que las necesidades en el tema regulatorio fueron identificadas como las más importantes, se deberá reforzar acciones por parte del sector gobierno, en cuanto a la flexibilidad en los financiamientos, establecimiento de mecanismos, ya sean voluntarios u obligatorios para el seguimiento de normas; y en segundo lugar se deberá incrementar la elaboración y difusión de normatividad en eficiencia energética térmica aplicable en la industria en lo referente a las áreas o temas relacionados con energía térmica, ya que actualmente los esfuerzos en eficiencia energética tienen mayor peso en lo relacionado con energía eléctrica.

Por otro lado, en cuanto a los facilitadores, si bien el sector gobierno ha llevado a cabo diversos programas cuyos objetivos ha buscado promover acciones y proyectos para el uso eficiente de la energía, la aplicación e implementación de estos programas pueden representar un aporte importante al cumplimiento de los objetivos de la CND (estrategias, programas, créditos, fondos fideicomisos, etc.) estos no han tenido la penetración deseada o no son completamente conocidos por el sector industrial, se percibe una falta de difusión de facilitadores a escala nacional y más aún a las ramas de la industria objeto de este trabajo.

En cuanto al conocimiento de los costos, de manera general, al tener muy claros los costos, tanto de implementación como de abatimiento, las decisiones que se tomen a nivel empresa, sector o gobierno, respecto a las medidas de mitigación de GEI, serán mucho más fáciles y conllevarán menores riesgos. Por esta razón, se recomienda una amplia relación y comunicación de acciones entre sectores.

Un elemento clave para el logro de los objetivos a corto y largo plazo, una vez determinadas las acciones y objetivos por cada medida de mitigación, es la puesta en marcha de manera consensuada de los mecanismos de medición, reporte y verificación MRV; poniendo énfasis en las responsabilidades de cada actor participante. El éxito de estos mecanismos, también dependerá de una sinergia y compromiso de los actores involucrados: SENER, SEMARNAT, PROFEPA, SE, SHCP, INECC, CONUEE, CRE, INEGI, gobiernos estatales, organismos internacionales cámaras y organizaciones empresariales. Dichos compromisos deberán formalizarse, asignado la responsabilidad de cada uno.

Finalmente, este proyecto permitió identificar, dar calidad, homologar y consensuar los diferentes instrumentos técnicos necesarios para la construcción de las líneas de acción para el cumplimiento de la NDC, sin embargo durante el desarrollo del mismo se identificaron acciones o proyectos que otras dependencias públicas y organismos nacionales e internacionales están o han desarrollado sobre temas o puntos de convergencia con este proyecto de manera independiente. Lo anterior es un ejemplo claro de la necesidad del establecimiento de vínculos de colaboración y sinergia entre los distritos actores clave identificados en la estrategia MRV de este proyecto.

6. Referencias

- Abelló Linde, S.A., España. (Marzo de 2017). *Vidrio*. Obtenido de Fusión de vidrio: http://www.abellolinde.es/es/industries/glass/glass_melting/glass_melting.html#last-1
- ANIQ. (2016). *Elementaos hacia una estrategia de desarrollo bajo en emisiones para la industria química*. México: ANIQ.
- Erquizio Espinal, A. (2010). Gran Recesión 2008-2009 en EE.UU. y México: un enfoque regional. *Paradigma económico*, 5-40.
- Gobierno de Aragón. (2014). *Gobierno de Aragón*. Obtenido de Rutas Tecnológicas para empresas TIC: http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/IndustrialInnovacion/Ar eas/Sociedad_Informacion/Documentos/MetodologiaRutasTecnologicasTIC.pdf
- Gobierno de la República. (2015). *INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION*. México: Gobierno de la República.
- Gouvernement du Québec. (1998). *Métallurgie, Fonderie des métaux non ferreux*. Québec: Ministère de l'Éducation.
- Government of the UK. (marzo de 2015). *Industrial Decarbonisation and Energy Efficiency Roadmaps to 2050, Pulp and paper*. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-decarbonisation-and-energy-efficiency-roadmaps-to-2050>
- ICF International. (2015). *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and on Possible Policy Mechanisms*. Reino Unido.
- ICF International. (2015). *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and on Possible Policy Mechanisms*. Reino Unido.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2017). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Obtenido de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (s.f.). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Obtenido de Volumen 3, Procesos industriales y uso de productos: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol3.html>
- MINER. (2013). *Guías Tecnológicas, Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación Epígrafe 3.3-Fabricación de vidrio*. España: Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente.
- Nissan Motor Corporate. (2016). *Sustainability Report 2016*.

- OPEN. (2008). *Guía metodológica para el uso eficiente de la energía en el sector: Acero, hierro, materiales no ferrosos y galvanotecnia*. Colombia.
- Phaal, R. C. (2001). *Technology roadmapping: linking technology resources to business objectives*. Cambridge, RU: University of Cambridge.
- SENER. (febrero de 2017). *Inventario Nacional de Energías Renovables*. Obtenido de Inventario Potencial: <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>
- U.S. Department of Energy. (2004). *Energy Use, Loss and Opportunities Analysis U.S. Manufacturing and Mining*. Washington: U.S. Department of Energy.
- UPME. (2001). *Determinación de la Eficiencia Energética del Subsector Industrial de Ladrillo, Vidrio y Cerámica*. Colombia: UPME.
- US EPA. (2008). *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Pharmaceutical Industry, US Environmental Protection Agency*. EUA: US Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2016). *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Metal Casting*. EUA: US Environmental Protection Agency.
- VNG. (2012). *Routekaart 2030 Nederlandse glasindustrie*. Países Bajos: Vereniging Nederlandse Glasfabrikanten.
- WSP. (2015). *Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050 - Chemicals*. Reino Unido.
- WSP. (2015). *Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050 - Chemicals*. Reino Unido: WSP Parsons Brinckerhoff.
- WSP. (2015). *Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050 - Glass*. Reino Unido: WSP Parsons Brinckerhoff.
- Zavala Hormaechea, R. (octubre de 2017). *Elaboración de Curvas de costo de abatimiento de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Eficiencia Energética en Minera Escondida*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Derechos Reservados © 2018

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña,
Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec,
Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Este trabajo se realizó con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo para la Sexta comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

