

Rutas tecnológicas para el desarrollo de bajo carbono en la Industria Nacional

Centro Mario Molina

2018

Resumen

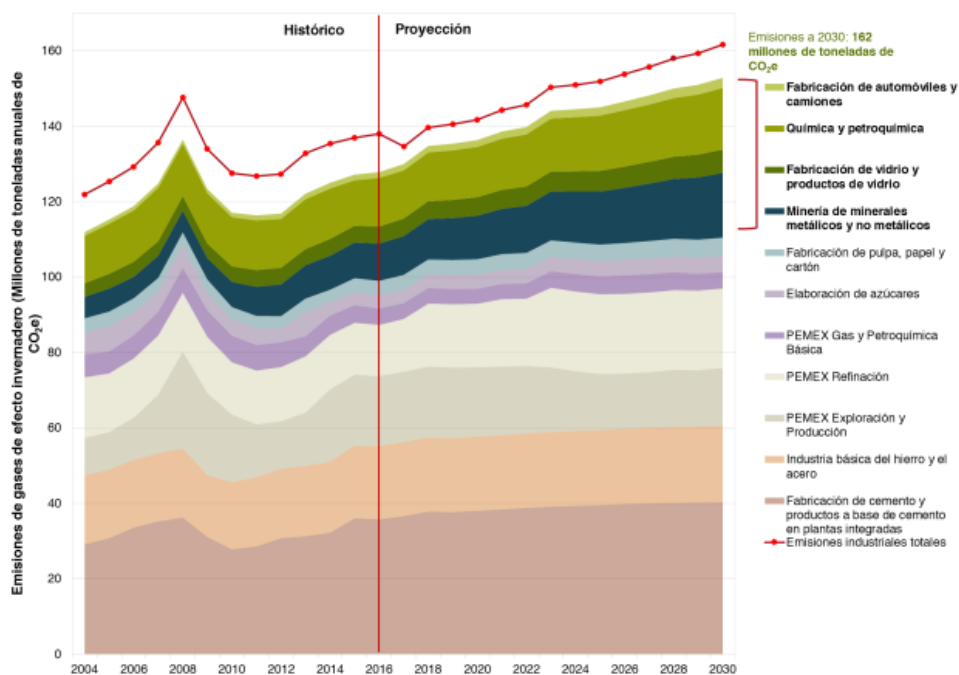
1. Introducción

El cambio climático representa uno de los mayores retos para México, pero también debe ser visto como una oportunidad para impulsar la transición hacia un crecimiento económico de bajo carbono y eficiente en el uso de los recursos naturales. El país puede lograr un crecimiento económico sustentable al implementar políticas públicas que generen los incentivos adecuados para que el sector privado participe de manera más activa en esta transición. Nuestro país ya ha establecido un compromiso ante la comunidad internacional, con el que para el 2030 llegaría al 22% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con relación al escenario inercial de manera

no condicionada, y al 36% de manera condicionada, siempre y cuando se cuente, entre otros factores, con apoyo tecnológico y financiero de países desarrollados como parte de un acuerdo global.

Los sectores analizados en este trabajo incluyeron: la producción química y petroquímica, minería, vidrio y producción automotriz. Estos sectores se suman a los analizados en el trabajo realizado en 2017, que incluyó los sectores de producción y distribución de petróleo y gas, refinación de petróleo, siderurgia, cemento, celulosa y papel, y azúcar. Estos sectores en conjunto representan el 95% del consumo industrial de energía en México y en 2016 emitieron 134 millones de toneladas de CO₂e.

Emisiones de CO₂e del sector industrial de México a 2030



En este estudio se presenta un diagnóstico internacional y nacional de las industrias seleccionadas, así como de sus procesos, con lo que se elaboraron pronósticos de consumo de energía y emisiones de CO₂e al año 2030. Con base en lo anterior, se realizó un análisis de las diferentes opciones tecnológicas y su estado del arte que puedan ser aplicadas al año 2030 y se evaluaron sus costos marginales de abatimiento, además de las barreras para su implementación. Finalmente, se analizó el estado de desarrollo del mercado de comercio de emisiones de CO₂e, que ha sido promovido por el gobierno mexicano.

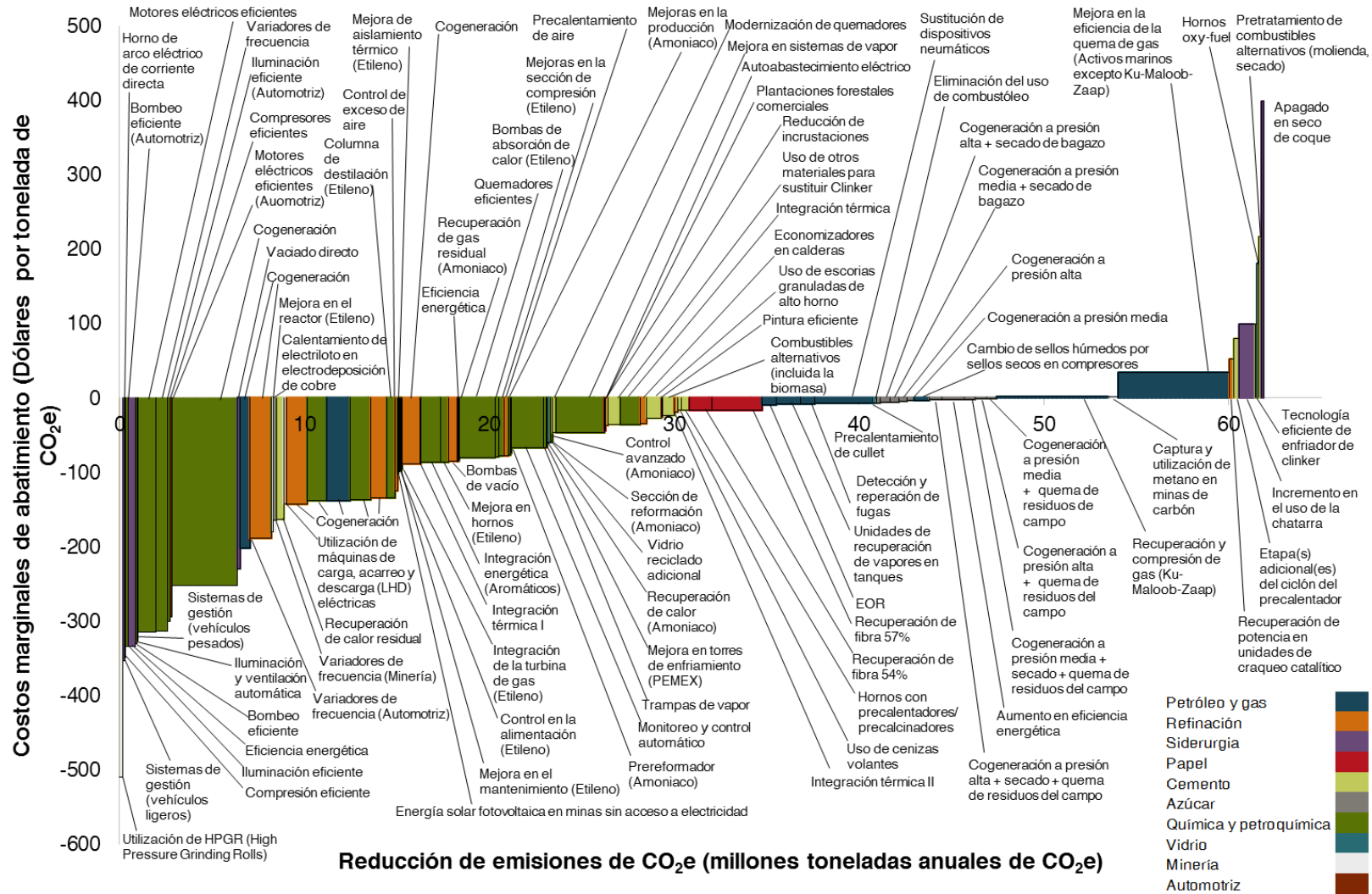
Del total de las industrias analizadas, se estimó una reducción de 62 millones de toneladas anuales de CO₂e en 2030, siendo el sector de petróleo y gas el que presenta una reducción de 27 millones de toneladas anuales de CO₂e; seguido por el sector de la química y petroquímica con 18 millones de toneladas anuales de CO₂e. Con respecto a los costos marginales, las principales medidas de mitigación costo efectivas para este estudio fueron la cogeneración, la eficiencia energética de los procesos de producción (incluye varias medidas y varias industrias), la mejora en el aprovechamiento térmico de los procesos de producción de vapor y mejoras en el procesamiento de productos mineros.

A pesar de la costo-efectividad de las medidas, y de su potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero,

se identificaron barreras económicas, legales y hasta culturales que deben de ser eliminadas para que la industria de México pueda transitar hacia una economía de bajas emisiones de carbono. A nivel general, se requiere de la coordinación entre los diferentes actores para promover la adopción de estas medidas. En este sentido, el trabajo realizado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) ha sido de gran importancia para establecer el punto de partida para la discusión sobre la importancia de la eficiencia energética y como punto de reunión y diálogo de estos actores. Sin embargo, se necesita de una mayor participación de la industria y de un trabajo coordinado con los gobiernos locales y federal para lograr resolver las barreras presentadas y así implementar las medidas sugeridas en este trabajo.

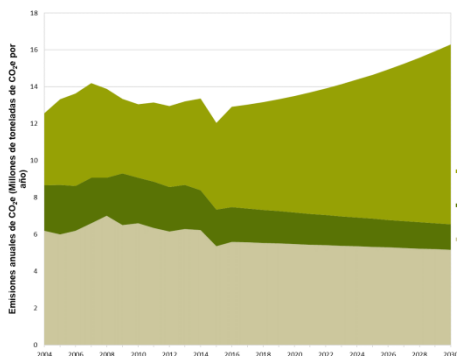
Este proyecto busca contribuir a que México cumpla con sus compromisos de mitigación de manera económica y eficiente, identificando las principales oportunidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria nacional; en un marco de crecimiento sustentable, con el que, por otro lado, sea posible lograr múltiples co-beneficios, tales como la creación de empleos, la seguridad energética, procesos de producción y consumo más eficientes, y una mejora en la calidad del aire y el medio ambiente local, a la vez que se garantice la conservación de los recursos naturales.

Costos marginales de abatimiento de gases de efecto invernadero en los sectores industriales en México a 2030



2. Química y petroquímica

En 2016, el sector químico y petroquímico emitió 12.9 millones de toneladas de CO₂e, siendo 7.0% mayores con respecto al año 2015. En el caso del consumo de energía, la petroquímica de PEMEX consumió 89 PJ en 2016, mientras que la industria química consumió 106 PJ. Cabe mencionar que, en el caso de PEMEX, el 94% del consumo de energía fue a través de gas natural, mientras que el resto fue electricidad, combustóleo y diésel. Para la industria química, el 70% correspondió a gas natural, el 16% a electricidad y el resto a coque de petróleo, diésel y combustóleo.

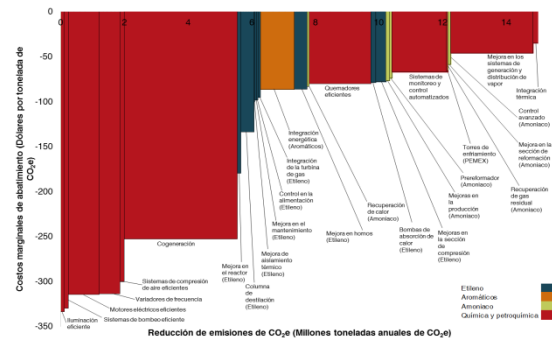


Se analizaron opciones generales aplicables a todo el sector como: motores eléctricos eficientes, sistemas de bombeo y compresión eficientes, variadores de frecuencia, iluminación eficiente, integración térmica, mejora del uso de vapor, quemadores eficientes, automatización y control de procesos y la cogeneración. Además, se analizaron medidas específicas para la producción de amoníaco, etileno y aromáticos como la instalación de prereformadores (amoníaco), mejoras en la destilación (etileno) y la integración energética (aromáticos). Se consideraron los proyectos de cogeneración planeados por PEMEX. El análisis muestra una reducción de 18.1 millones de toneladas anuales de CO₂e.

Como se observa, las medidas planteadas son costo-efectivas, ya que el costo estimado fue negativo. La cogeneración representa la medida con mayor reducción de emisiones con un total de 5.7 millones de toneladas anuales de CO₂e (incluyendo los proyectos de PEMEX) con costos marginales de abatimiento más bajos con un promedio de -

252.5 Dólares por tonelada de CO₂e para la industria química y -140.0 Dólares por tonelada de CO₂e para PEMEX. Las otras dos medidas que presentan un potencial alto de reducción de emisiones con 4.5 millones de toneladas de CO₂e anuales, son la instalación de quemadores eficientes en calderas y la mejora en el uso de vapor. Los costos marginales de estas medidas se estimaron en -80.2 Dólares por tonelada de CO₂e y -46.0 Dólares por tonelada de CO₂e, respectivamente.

Curva de costos marginales de abatimiento en el sector químico y petroquímico al 2030



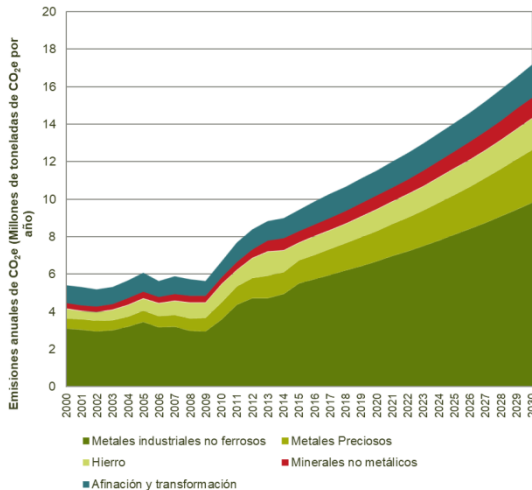
Recomendaciones Principales:

- Fomentar las asociaciones entre empresas privadas y PEMEX para que se puedan realizar las inversiones necesarias en la rehabilitación de las plantas existentes.
- Establecer esquemas de operación y mantenimiento que puedan sostener la productividad y el desempeño de las plantas.
- Rehabilitación y modernización del sector petroquímico básico, de tal manera que se garantice el abasto de materias primas.
- Se deben establecer mecanismos fiscales y de financiamiento que puedan fomentar la adopción de procesos y tecnologías novedosas. Además del establecimiento de incentivos que puedan facilitar la inversión en plantas de cogeneración.

3. Minería

En 2016, el consumo de energía en el sector de minería fue de 93.4 PJ. Con respecto al

año anterior, el consumo aumentó 4.5%. En este sector, se consumió principalmente energía eléctrica, aunque el consumo de petrolíferos es de una magnitud similar. El sector emitió en 2016, 9,9 millones de toneladas anuales de CO₂e. Cabe destacar que el consumo de energía y las emisiones de CO₂e consideraron los procesos de extracción de minerales y su refinación.



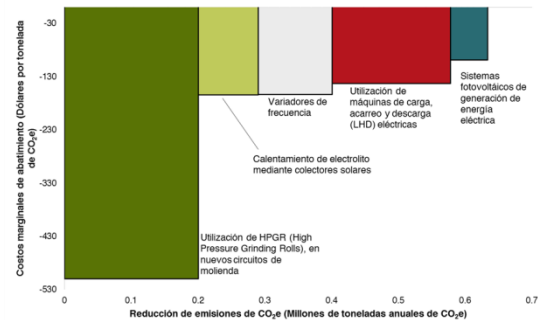
Para este sector se analizaron cinco medidas de mitigación: Equipos móviles de carga, acarreo y volcado (load, haul dump, LHD) eléctricos, variadores de frecuencia en motores eléctricos, calentamiento de electrolito en la electrodeposición de cobre, utilización de molineta eficiente (high pressure grinding rolls, HPGR) y energía solar fotovoltaica en minas sin acceso a energía eléctrica de la red.

A partir de las medidas analizadas, es posible reducir 0.6 millones de toneladas de CO₂e lo que equivale a una reducción del 3.7% con respecto a la línea base del sector en 2030.

La molienda a través del uso de la tecnología HPGR es la medida que trae las mayores reducciones de CO₂e, con 0.2 millones de toneladas anuales de CO₂e. El costo marginal de abatimiento de esta medida es de -509.7 Dólares por tonelada de CO₂e, siendo la medida más rentable en el estudio. Cabe destacar que ya es utilizada en México, pero no en la totalidad de las minas. Otra de las medidas importantes es el uso de equipos LHD eléctricos, cuya reducción de emisiones es similar a la medida anterior, con un costo

marginal de abatimiento de -143. Dólares por tonelada de CO₂e.

Curva de costos marginales de abatimiento en el sector minería al 2030



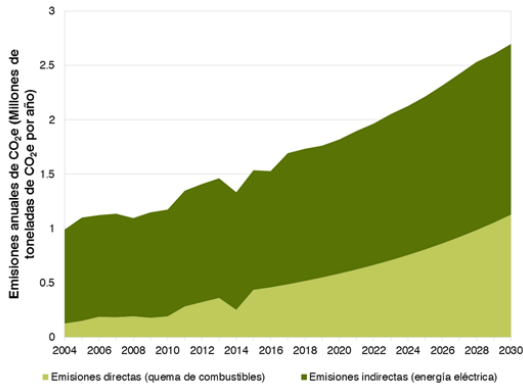
Recomendaciones principales:

- Implementar programas de información y promoción de la eficiencia energética y sus beneficios en la minería, dirigidos a las empresas y tomadores de decisión, de manera similar a los ya realizados en otras ramas de la industria.
- Mantener un registro de los consumos de energía y demanda horaria, para explorar con mayor precisión las posibilidades de integración energética entre sistemas de generación convencional y energías renovables.
- Promover desde las entidades gubernamentales correspondientes un espacio interdisciplinario que funcione como punto de encuentro de los actores involucrados en la actividad, miembros de la academia, universidades y centros de investigación, para compartir experiencias y conocimientos respecto a temas de eficiencia energética y desarrollo sustentable.

4. Automotriz

En 2016, la industria de manufactura automotriz en México consumió 17 PJ de energía. Este valor aumentó 5% con respecto al valor del año anterior. La intensidad energética de la producción de vehículos ligeros fue de 5 GJ por vehículo. La principal fuente de energía fue la electricidad (55%) seguido por el gas natural (35%), y el diésel y el gas LP (10%). Con respecto a las

emisiones de CO₂e, el sector emitió 1.5 millones de toneladas.



El sector automotriz en México está dominado por la producción de vehículos ligeros, siendo un motor importante de la economía nacional. Asimismo, la competencia en el sector ha llevado a las compañías a disminuir sus costos de producción adoptando medidas de eficiencia energética.

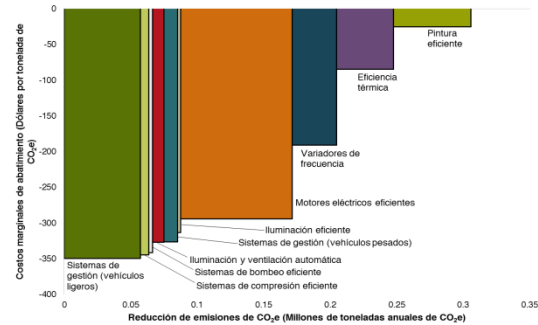
Se analizaron ocho medidas: sistemas de gestión de la energía, eficiencia térmica, iluminación eficiente, sistemas de iluminación y ventilación automáticos, motores eléctricos eficientes, variadores de frecuencia, sistemas de bombeo y compresión eficientes, y sistemas de pintado eficientes.

El análisis muestra una reducción de 0.3 millones de toneladas anuales de CO₂e. Cabe destacar que todas las medidas son costo-efectivas y ya se han llevado a cabo en cierta medida.

La medida que presenta la mayor reducción en las emisiones de CO₂e corresponde a la sustitución de motores eléctricos eficientes. Esta medida puede contribuir con el 27% del potencial total de reducciones en este sector. Asimismo, el costo marginal de abatimiento de la medida es de -294.2 Dólares por tonelada de CO₂e. Los sistemas de gestión de la energía representan una de las medidas que el sector ha comenzado a adoptar gradualmente debido a la creación de la ISO 50001. Se estimó que esta medida puede reducir (para vehículos ligeros y pesados) hasta casi 70 mil toneladas de CO₂e anuales a un costo marginal de abatimiento de -349.6 Dólares por tonelada de CO₂e para vehículos ligeros y -326.1

Dólares por tonelada de CO₂e para vehículos pesados. Finalmente, los procesos de pintado eficiente pueden reducir 60 mil toneladas anuales de CO₂e a un costo marginal de -25.1 Dólares por tonelada de CO₂e.

Curva de costos marginales de abatimiento en el sector automotriz al 2030



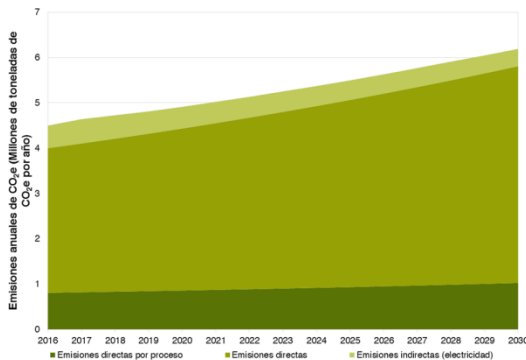
Recomendaciones principales:

- Promover la adopción de la norma ISO 50001 a lo largo de toda la industria automotriz.
- Establecer mecanismos fiscales y de financiamiento que puedan fomentar la adopción de procesos y tecnologías novedosas.
- Continuar con la promoción y expansión de programas implementados por la CONUEE orientados a sistemas de gestión de la energía. Si bien, en un primer esfuerzo, se ha integrado a un número considerable de empresas, es necesario que estos esfuerzos puedan abarcar a un número mayor de empresas en el sector automotriz.

5. Vidrio

En 2016, el consumo de energía en el sector de producción de vidrio fue de 64 PJ. Con respecto a 2015, el consumo de energía aumentó 8.5%. El principal combustible consumido en el sector vidrio es el gas natural que es utilizado en los hornos de fundición, correspondiendo al 82.0% del consumo total. La energía eléctrica fue la segunda mayor fuente de energía, con el 7.0% del consumo total, mientras que el resto correspondió principalmente a combustóleo.

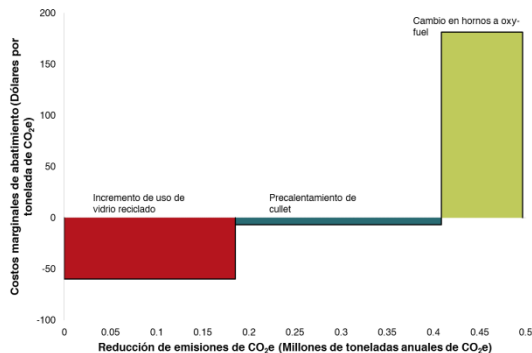
En 2016, este sector emitió 4.4 millones de toneladas anuales de CO₂e, dando como resultado una intensidad de carbono de 1 tonelada de CO₂e por tonelada de vidrio.



Se analizaron tres medidas de mitigación: incrementar el uso de vidrio reciclado (cullet) en la producción, precalentamiento de cullet y el uso de hornos oxy-fuel en la producción.

El análisis resultó en una reducción total de casi 0.5 millones de toneladas anuales de CO₂e lo que equivale a una reducción del 8.0% con respecto a la línea base del sector en 2030.

Curva de costos marginales de abatimiento en el sector vidrio al 2030



El incremento en el uso de cullet y su precalentamiento correspondieron a las medidas más costo-efectivas reduciendo 0.4 millones de toneladas anuales de CO₂e. Los costos marginales de abatimiento de ambas medidas fueron calculados en -58.9 Dólares por tonelada de CO₂e para el incremento de cullet y -6.8 Dólares por tonelada de CO₂e para el precalentamiento de cullet. Para este sector, el cambio a hornos de fundición oxy-fuel representa una medida con un costo marginal positivo debido a que la inversión en

este tipo de equipos es alta, además de que requiere de instalaciones para la generación de oxígeno. Sin embargo, esta medida puede reducir hasta casi 100 mil toneladas anuales de CO₂e.

Recomendaciones principales:

- Desarrollar instrumentos que incentiven la creación de una infraestructura y logística para el acopio y transporte del vidrio reciclado. Esto incluye también la concientización y promoción de los beneficios del reciclaje de vidrio entre la población desde la educación básica.
- Reducir o eliminar impuestos municipales a la recolección para abaratar el costo del vidrio reciclado y de esta forma, incentivar su utilización por un mayor número de empresas productoras pequeñas y medianas.
- Hacer una revisión de los estímulos fiscales con el objetivo de desarrollar estrategias que permitan un acceso más fácil al capital para proyectos de eficiencia energética en condiciones de pago preferentes.

6. Mercado de carbono

Como parte de los instrumentos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en 2014, México estableció un impuesto a la tonelada de CO₂e de 3.5 Dólares. Recientemente, se ha establecido el camino para el establecimiento de un mercado de comercio de emisiones de CO₂e (mercado de carbono) y como primer paso se creó un ejercicio en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) en el que se introdujo a diferentes representantes de empresas a un mercado de carbono ficticio. En todas las fases de este ejercicio se consiguió abatir emisiones totales y más de la mitad de los participantes cumplieron con el requerimiento de disminuir sus emisiones. Una vez que finalizó el ejercicio de mercado, queda pendiente que México publique las propuestas para el marco regulatorio del mercado de carbono y después se pretende iniciar un programa piloto en 2018 con duración de tres años, para que el mercado inicie operaciones de manera formal a finales de 2021 o en 2022, a la par de la entrada en vigor del Acuerdo de París. Es importante

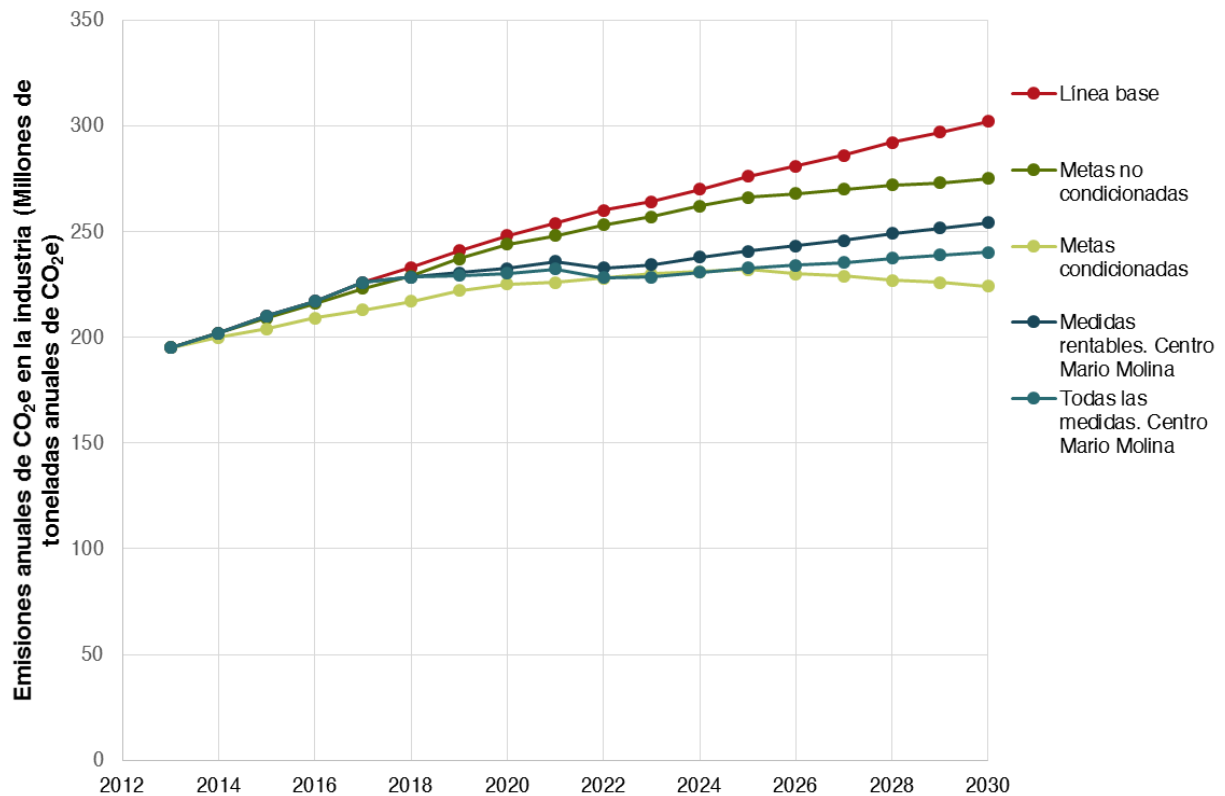
resaltar, que el establecimiento de un mercado de carbono requiere de la definición y estudio cuidadoso de diversos aspectos de su diseño como el establecimiento de los límites de emisiones, la distribución de los certificados de emisión, los niveles mínimos y máximos de los precios de los certificados y el impacto de la interacción con otros mecanismos como el mercado de certificados de energías limpias (CELs), entre otros.

7. Cumplimiento de las metas de mitigación

Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio, es posible reducir en 2030, casi 27 millones de toneladas anuales de CO₂e en el sector petróleo y gas; y 35 millones de toneladas anuales de CO₂e en el sector

industrial. Lo anterior corresponde a una reducción con respecto a la línea base de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) de casi el 20% para el sector petróleo y gas, y 21% para el sector industrial. Aquellas medidas que son costo-efectivas pueden reducir en el caso del sector petróleo y gas, 14 millones de toneladas anuales de CO₂e. La recuperación de gas natural tiene un costo menor a 10 Dólares por tonelada de CO₂e, lo cual podría hacer factible esta medida. En el caso del sector industrial, se encontró que casi todas las medidas analizadas podrían implementarse a un costo negativo, con lo que es posible reducir en este sector un 15% adicional con respecto a lo comprometido para el Acuerdo de París. Sin embargo, es necesario eliminar las barreras existentes en los diferentes sectores.

Escenarios de reducción de emisiones de CO₂e del sector industrial (incluyendo petróleo y gas) con respecto a la línea base del NDC



Agradecemos la aportación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para la realización de este proyecto.

