



Programa de Energías
Renovables y Eficiencia
Energética en Chile

Potencial del **Artículo 6** y otros instrumentos de financiamiento para fomentar el **Hidrógeno Verde** en las industrias de **Acero, Cemento y Minería**

RESUMEN EJECUTIVO



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza
y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania



RESUMEN EJECUTIVO

Fondo y Objetivo

Este estudio tiene por objetivo generar insumos técnicos para el futuro desarrollo de iniciativas piloto de mercados del carbono internacionales, y de otros instrumentos de financiamiento climático alternativos bajo el Artículo 6 del Acuerdo de París, tomando los siguientes casos de estudio:

1. Sustitución de *petcoke* por hidrógeno verde en el horno de *clinker* para la **industria de cemento**.
2. Inyección de hidrógeno verde por las toberas del alto horno, para reducir el consumo de coque en la **industria de acero** (proceso integrado).
3. Reemplazo de buses para transporte de trabajadores de la **minería** en base a diésel y electricidad, por buses a hidrógeno verde.

Metodología

Se decidió considerar la producción de Hidrógeno Verde (H2V) *on-site* y bajo condiciones óptimas de generación para la evaluación económica de las aplicaciones de H2V en los casos de estudio. Esta configuración permitió alcanzar costos nivelados del hidrógeno (LCOH) entre 2,16 y 3,41 USD/kgH2 para el escenario "Presente" 0,89 y 1,41 USD/kgH2 para escenarios de "Largo Plazo" (2050), los cuales varían dependiendo del punto de producción (norte, centro, sur y Patagonia) y el *mix* tecnológico utilizado para generación eléctrica. A partir de este análisis se estudió la rentabilidad esperada de los proyectos, identificando las variables principales que afectan la rentabilidad de cada iniciativa.

Por otro lado, se determinó que en el marco de un Piloto de Artículo 6, los precios de los certificados de reducción de emisiones a los cuales podrían acceder los proyectos deberían fluctuar entre 10 y 51 USD/tonCO₂-eq para el escenario "Presente", y entre 52 y 83 USD/tonCO₂-eq para el escenario Largo Plazo, y los períodos de crédito a los que se podría acceder llegarían hasta los 15 años, utilizando periodos de crédito de 5 años y renovables hasta 2 veces.

Resultados

Los resultados principales se resumen en la siguiente tabla, en donde se consideró un precio de venta de certificados optimista correspondiente al valor máximo estimado al que se podría acceder en los tres escenarios, y por un periodo de crédito de 15 años. En la tabla se puede ver el costo total de propiedad (TCO) para el proyecto en base a H2V, y el proyecto equivalente en base a combustibles fósiles. Se identifica también el potencial de abatimiento anual promedio de los proyectos, la brecha a la viabilidad de estos y los ingresos estimados por venta de certificados de reducción de emisiones.

	Escenario	Presente	Mediano Plazo	Largo plazo
Acero	TCO caso H2V (USD)	1.268.632.268	1.090.929.499	932.128.932
	TCO caso base (USD)	839.440.012	839.639.379	907.670.795
	Brecha a la viabilidad (USD)	-429.192.255	-251.290.119	-24.458.137
	Potencial de abatimiento promedio anual (tonCO ₂ -eq/año)		297.954	
	Precio del certificado que cierra la brecha a la viabilidad (USD/ tonCO ₂ eq)	205	120	12
	Ingresos por ventas de certificados (escenario SUP y 15 años) (USD)	138.400.740	168.251.880	225.240.420
Cemento	TCO caso H2V (USD)	198.754.278	142.575.329	107.001.022
	TCO caso base (USD)	97.944.460	75.148.477	77.653.348
	Brecha a la viabilidad (USD)	-100.809.818	-67.426.852	-29.347.673
	Potencial de abatimiento promedio anual (tonCO ₂ -eq/año)		47.751	
	Precio del certificado que cierra la brecha a la viabilidad (USD/ tonCO ₂ eq)	291	201	90
	Ingresos por ventas de certificados (escenario SUP y 15 años) (USD)	22.778.579	26.812.860	34.752.479
Minería	TCO caso H2V (USD)	14.186.618	11.056.423	8.592.993
	TCO caso base (USD)	4.946.779	5.390.119	5.710.988
	Brecha a la viabilidad (USD)	-9.239.839	-5.666.304	-2.882.005
	Potencial de abatimiento promedio anual (tonCO ₂ -eq/año)		519	
	Precio del certificado que cierra la brecha a la viabilidad (USD/ tonCO ₂ eq)	2.391	1.527	834
	Ingresos por ventas de certificados (escenario SUP y 15 años) (USD)	240.123	234.575	210.337

Tabla 1. Principales resultados del análisis

Toda la información relevante a la viabilidad económica y potencial de abatimiento de estas iniciativas ha sido sintetizada en fichas técnicas para cada proyecto que permitan levantar interesados en proveer financiamiento climático (ver sección Anexos del informe final).

Los enfoques cooperativos del Artículo 6 ofrecen una importante oportunidad para incorporar un ingreso adicional al modelo de negocio de los proyectos de H2V, donde la venta de certificados de reducción de emisiones contribuye a reducir la brecha a la viabilidad que tienen hoy estas iniciativas. El estudio también analiza las fuentes de incertidumbre asociadas a la venta de certificados de reducción de emisiones. Los principales riesgos se encontrarán asociados a los periodos de crédito, a la necesidad de hacer ajustes a la línea base durante los procesos de renovación y a la incertidumbre de los precios a los que se podría acceder para la venta de certificados, entre otros.

Como se observa en los resultados, existe una brecha a la viabilidad de estos pilotos incluso después de vender los certificados de reducción de emisiones. Por lo anterior, se requiere de una fuente de ingresos adicional si se desea adelantar la materialización de los pilotos, de modo de generar un precedente que promueva la replicabilidad de estos proyectos. Este ingreso adicional tendrá que ser

provisto por una combinación de recursos fiscales del Estado de Chile, y/o donantes internacionales que posean un interés adicional en este tipo de proyectos, como la promoción de una tecnología en vías de comercialización o el testeado de un modelo de negocio.

El estudio también identifica como principales riesgos endógenos los riesgos tecnológicos (por ser soluciones aun en desarrollo y con poca experiencia en aplicaciones reales), y los riesgos crediticios asociados a una alta incertidumbre del mercado de carbono. Para abordar estos riesgos los instrumentos financieros que podrían ayudar a mejorar la relación riesgo-retorno de los proyectos y atraer capital privado para la implementación de estos serían las garantías a la deuda para cubrir los riesgos tecnológicos y para atender la incertidumbre en torno al precio de venta de certificados de reducción de emisiones.

Finalmente, en las Conclusiones del estudio se entregan recomendaciones que permitan disminuir las incertidumbres asociadas a este mercado, y alinear los intereses de las partes con tal de fomentar la demanda por hidrógeno verde en Chile, en las aplicaciones estudiadas.

Publicado por:	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética (4e) en Chile en el marco del proyecto “Global Carbon Market”.
Fecha:	Diciembre de 2021.
Más información:	www.4echile.cl www.4echile.cl/proyectos/gcm/ Informe del Estudio