



La industria del acero y su transición hacia un desarrollo más sustentable

Energía y Recursos Naturales • Octubre de 2024

Contenido

- 04** Introducción
- 06** Datos de la industria del acero a nivel global y regional
- 11** Proyectos anunciados y en desarrollo
- 16** Consideraciones finales
- 17** Referencias

Leyenda de botones:



Ir a la página de contenido



Ir hacia adelante o hacia atrás



Ver más información

Este informe ha sido desarrollado por los socios líderes de la industria en coordinación con el Equipo de Marketing y Comunicaciones de KPMG Clúster en América del Sur.

Contenido y aspectos técnicos:
Manuel Fernandes

Análisis y redacción:
Matias Cano // Ricardo Lima

Diseño y diagramación:
Alexander Buendía // Marianna Urbina

Coordinación:
Elizabeth Fontanelli // Florencia Perotti



La producción de acero mediante el uso de hidrógeno verde es uno de los caminos posibles para que la industria alcance sus objetivos de descarbonización y contribución a la transición energética global.

¿Qué otras tecnologías están en la agenda de esta importante industria para cumplir con esas metas?

¿Cuán preparada está Latinoamérica para incorporarlas?



Introducción

El acero es una parte integral en nuestras vidas. Es un insumo crucial para las construcciones y edificaciones, los equipos mecánicos de uso industrial y particular, o el transporte y los automóviles. Pero sus múltiples usos no se agotan allí. El acero es determinante para alcanzar los objetivos de transición energética global al ser un material **100% reciclable** y básico para la construcción de fuentes de energía renovable. Según destaca la *World Steel Association* (WSA), entre 300 y 600 toneladas (tn.) de acero son utilizadas en la fabricación de una **turbina típica de viento on-shore de 4MW**, y es decisivo en la construcción de una **represa hidroeléctrica** (las que en conjunto explican el 40% de la capacidad de generación de energía renovable a nivel global) o fuentes de **energía solar** (que hoy representan el 25% de la misma capacidad). En términos generales, **podríamos decir que el acero es importante para facilitar o disponer de cualquier tipo de fuente de energía**, sea ésta térmica, nuclear o renovable. Paralelamente, la industria del acero emplea a 6 millones de personas en todo el mundo, de las cuales solo la tercera parte (2 millones) está dedicada a la producción del metal, en tanto que los dos tercios restantes (4 millones) desempeñan sus tareas en las áreas de soporte o de servicios asociados. Asimismo, su relevancia en la economía global se hace más evidente cuando se comprende que la industria del acero sostiene la empleabilidad de alrededor de 50 millones de personas en todo el mundo (WSA, 2024) ya que se estima que, **por cada empleado contratado en esta industria, se generan 8 puestos de trabajo indirectos adicionales en otros sectores.**

Sin embargo, como suele suceder con otros sectores productivos que utilizan la energía de manera intensiva, **la industria del acero también contribuye largamente a la contaminación del medio ambiente**, sobre todo porque la tecnología de producción más utilizada en la actualidad, la **acería de oxígeno básico** (*Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace*, o simplemente BF-BOF), requiere de grandes cantidades de carbón para operar, lo que en promedio contribuye con el 7% al 9% de las emisiones totales de dióxido de carbono (CO²) generadas anualmente en la quema de combustibles fósiles a nivel global (o alrededor de 1,9 toneladas de CO² por tonelada de acero producido), pero con cifras incluso más alarmantes en los países que ocupan los primeros puestos en cantidad de acero producido, como China, la India y Japón, que aportan el 66% de la producción global (~1.250 millones de toneladas) y suelen generar anualmente entre 2 tn. y 3 tn. de CO² por tonelada de acero (Hasanbeigi, 2022), y cuyas cifras se encuentran muy lejos por ahora de la media registrada en **Latinoamérica**, de 1,55 toneladas de CO² por tonelada de acero (ALACERO, 2023). De hecho, si comparáramos las emisiones totales de CO² de la industria del acero a nivel global con la cantidad total generada por los países en la quema de combustibles, **la industria del acero se ubicaría en un tercer lugar, solo después de China y los EE.UU.** (Agora Industry, 2023). Si a ello se suma que el *World Economic Forum* (WEF) estima que la demanda de acero podría crecer en un 30% para 2050 (WEF, 2022) –llegando a las 2,5 miles de millones de toneladas–, la necesidad de reducir de manera significativa la huella de carbono de esta industria resulta determinante para el logro de los objetivos de transición global.

De hecho, como señala la *Agencia Internacional de Energía* (IEA)¹, **el acero está cada vez más en el centro de los debates sobre descarbonización**. Ello debido que los esfuerzos que el sector está realizando en ese sentido no solo resultan insuficientes para corregir el curso y converger hacia un escenario con

emisiones cero netas (NZE) para 2050, sino porque el potencial de reducción de emisiones de las tecnologías existentes (por ejemplo, lograr mayor eficiencia en la producción o usar más material/acero reciclado) es limitado, haciendo de la innovación un factor crucial en ese camino. En ese sentido, si bien las crisis



globales de los últimos años (especialmente, la crisis energética y sanitaria) no han paralizado los avances en materia de **anuncios de nuevos proyectos a nivel global**, sobre todo en lo referido a tecnologías de baja emisión como las basadas en la **reducción directa de hidrógeno** (H2-DRI), la cantidad de iniciativas apoyadas en tecnologías convencionales (y contaminantes) **continúan representando alrededor de dos tercios del total de proyectos anunciados en todo el mundo** (IEA, 2024), lo que entorpece y hace aún más complejo el camino de esta industria hacia el NZE.

Para intentar dar un vuelco a este escenario, será necesario que los grandes actores de este mercado, como China, que actualmente aporta el 54% de la producción total de acero crudo a nivel global y se apoya fuertemente en el uso intensivo del carbón, comiencen a incluir en su agenda la descarbonización de la industria, apelando a un mayor número de proyectos orientados a la sostenibilidad. En ese contexto, **Latinoamérica**, que es un actor menor en el concierto global del acero ya que solo contribuye con el 3% del total producido y que tiene en **Brasil, México y Argentina** a sus principales exponentes, deberá continuar empujando la industria local en su trayecto sostenible, sobre todo teniendo en cuenta la capacidad de generación en energías renovables de la región, **y lo que ello pueda significar en el corto a mediano plazo en materia de menores costos de producción de hidrógeno y acero verde**.

Latinoamérica deberá continuar empujando la industria local en su trayecto sostenible.

El objetivo de esta trabajo es relevar el estado de situación de la industria del acero tanto a nivel global como regional, y revisar cuáles son los planes tecnológicos y proyectos que el sector tiene en carpeta para lograr una transición justa y ordenada a una actividad productiva más sustentable, **sobre todo en materia de acero verde**². En la primera sección de este trabajo se analizan las estadísticas más relevantes del sector de los últimos diez a quince años (dependiendo de la variable analizada), destacando la realidad del sector en general y en Latinoamérica en particular, y sus perspectivas a futuro con relación a los planes de uso del hidrógeno como principal combustible y otras tecnologías de baja emisión. Asimismo, en la segunda sección se analizan los proyectos de producción de acero de baja emisión, priorizando los que podrían entrar en operación en el mediano plazo y **el papel de Latinoamérica en esa transición**. El trabajo termina con algunas consideraciones finales enfocadas en la industria y su contribución a la transición global.



1. Datos de la industria del acero a nivel global y regional.

El acero esta intrínsecamente asociado al crecimiento económico. Las cifras de variación de ingreso per cápita y consumo aparente de acero han estado ligadas históricamente, mostrando un movimiento armónico o correlación entre ambas medidas y **dando a entender la existencia de cierta causalidad**. Una hipótesis o explicación posible a esta relación, y que incluso ha sido probada en varios estudios con pruebas econométricas (por ejemplo, en Warell y Olsson, 2009), es la que propone Malenbaum (1973).

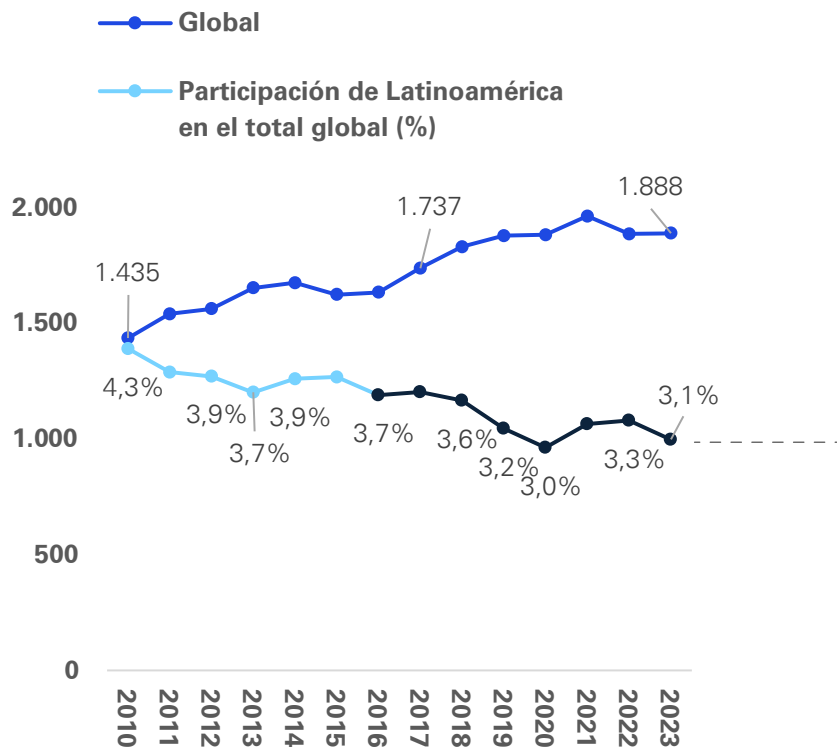
Según esta hipótesis, la intensidad en el uso del acero depende en gran medida del desarrollo económico de un país –es decir, de su PBI per cápita–, por lo que las cantidades de acero consumidas varían o cambian a lo largo del tiempo y en la medida que un país se desarrolla. De esta manera, en los países relativamente pobres, el crecimiento económico a menudo se encuentra relacionado con la industrialización y un elevado consumo de minerales. Pero cuando la economía madura y el sector de los servicios comienza a ganar peso en el PBI, el ingreso per cápita continúa su fase de crecimiento en sintonía con una desaceleración y caída en el consumo de minerales, incluido el acero. En otras palabras, esta hipótesis, que propone entonces una relación entre *consumo de acero y niveles de ingreso* en forma de “U” invertida, plantea que mientras muchos países del mundo desarrollado estarían desacelerando el consumo de acero conforme van ganando peso los sectores menos intensivos en el uso de ese material en el PBI, **Latinoamérica**, como región, **aún se encontraría en una fase creciente de esa relación, lo que hace incluso más evidente la necesidad de desarrollar una siderurgia local sostenible y con los elementos adecuados para protegerla de las**

importaciones. En ese sentido, y a pesar del buen desempeño de la industria a nivel global, con un nivel de producción que alcanzó las 1.888 millones de toneladas en 2023; en **Latinoamérica** el sector se ha comportado de manera errático. Entre 2016 y 2023 los niveles de producción regional se han mantenido en una media de 61 millones de toneladas anuales, pero con una caída persistente que hizo que su participación global pasara de alrededor del 4% en 2016 al 3% en 2023 (**Figura N° 1**). Las razones de este declive pueden ser comunes a otros mercados si solo se tiene en cuenta el corto plazo. La incertidumbre general y las crisis geopolíticas que atraviesa el mundo y ponen en riesgo el funcionamiento de las cadenas de suministro ciertamente han sido factores determinantes. Pero si miramos las últimas dos décadas, **resulta evidente que ha existido un proceso de desindustrialización y primarización**, que ha llevado a este sector a reducir progresivamente su participación en el mercado global del acero (en el año 2000, participaba con casi el 7% de la producción) y a transformar a la región en un **importador neto de este recurso**, dependiendo especialmente de China que hoy contribuye con el 34% del consumo total de acero de la región.

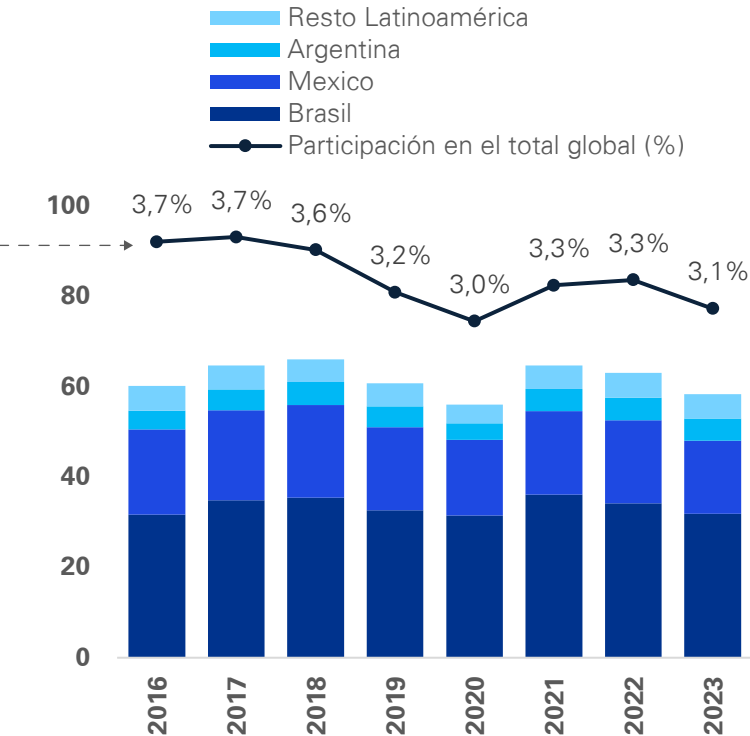
Figura N° 1

Producción de Acero. Cifras globales (2010-2023) y regionales (2016-2023).
(en millones de toneladas y porcentaje)

Mundo



Latinoamérica



En los países relativamente pobres, el crecimiento económico a menudo se encuentra relacionado con la industrialización y un elevado consumo de minerales.





Esta situación, que afecta a toda la **industria latinoamericana**, ha tenido víctimas de gran notoriedad que permiten ejemplificar y conocer la profundidad de este problema. A principios de 2024, la siderúrgica **Huachipato** (CAP S.A.), que es la más importante productora de acero de **Chile**, anunció la suspensión indefinida de sus operaciones tras considerar insuficiente la decisión del gobierno de ese país de colocar un arancel a la importación de acero chino del 15,3% y que, según cálculos de la empresa, es un 40% más barato que el chileno. En **Brasil**, que es el mayor productor de acero de la región, la siderúrgica **Gerdau** anunció recientemente la suspensión temporaria de algunos de sus empleados, alegando “una fuerte competencia de China”. Estas medidas se suman a otras similares adoptadas por empresas del sector en ese país y en la región, como en **Argentina**, donde la acerera **Acindar** anunció que podría paralizar la producción en cinco de sus plantas tras haber experimentado una caída abrupta en sus ventas; o en **México**, donde el gobierno de ese país, menos dependiente que el resto de América Latina de las exportaciones hacia el gigante asiático, decidió subir el arancel al acero importado desde China a un 25%, en línea con los EE.UU. y por encima de las tasas aplicadas en la Unión Europea (22%).

A pesar de la problemática que enfrenta la industria, es importante señalar que el acero chino no compite bajo las mismas condiciones que el resto del mundo ya que, al estar subsidiado por el gobierno de ese país, **le permite alcanzar costos de producción que son muy bajos para la media del mercado**, lo que le ha ganado varias denuncias por *dumping ante la Organización Mundial del Comercio* (OMC). Además, cerca del 90% del mismo es producido en base a carbón, por lo que suma otro frente de conflicto si se tiene en cuenta la transición que la industria impulsa hacia la descarbonización. Dos desventajas que Latinoamérica debería poder explotar mediante una estrategia apoyada en dos pilares principales: (i) la aplicación de aranceles o su incremento a las importaciones de acero provenientes de China (herramienta que, no obstante, debería aplicarse con cierta inteligencia y calibración ya que podría generar una guerra de aranceles con ese país), y (ii) el impulso de la producción de acero mediante tecnologías más limpias (por ejemplo, mediante el uso de electricidad, hidrógeno y captura de carbono o CCUS), que es dónde la región tiene una ventaja competitiva declarada, al ser más intensiva en el uso de las energías renovables y cuya capacidad de generación hoy alcanza los 314 GW. **A partir de allí es que la industria latinoamericana del acero debe construir su nueva base de desarrollo.**

1.1

Métodos de producción y sostenibilidad

En la actualidad, el acero es producido por medio de dos tecnologías, métodos o *rut*as principales. La **acería de oxígeno básico** (BF-BOF), utilizado en el 71 % del acero producido a nivel global, y el **horno de arco eléctrico** (EAF, por sus siglas en inglés), que representa el 29% restante. Según WSA, para producir una tonelada de acero bajo el método BF-BOF se necesitan alrededor de 1.370 kg de hierro, 270 kg de piedra caliza, 125 kg de acero reciclado (o chatarra) y 780 kg de carbón. **Dado que es una tecnología que utiliza principalmente el carbón como combustible, su impacto sobre el medio ambiente es elevado.** Se estima que por cada tonelada de acero producido bajo BF-BOF se emiten 1,2 Tn/CO² de manera directa y 1 Tn/CO² de manera indirecta (IEA, 2020). EAF, por otro lado, utiliza principalmente **acero reciclado** en conjunto con hierro, carbón/gas, piedra caliza y electricidad como *input* energético. Alrededor del 70% del acero producido bajo EAF se apoya en el uso de gas y electricidad (DRI-EAF), permitiéndole arrojar una cantidad sensiblemente menor de emisiones directas e indirectas de CO² (1 Tn/CO² y 0,4 Tn/CO² por tonelada de acero respectivamente), pero sin poder equiparar la generada por la ruta scrap-EAF (el 30% restante), que se apoya en el uso intensivo de acero reciclado y electricidad y genera alrededor de 0,3 Tn/CO² por tonelada de acero. En términos generales, **la industria del acero se encuentra entre las más nocivas para el**

medio ambiente al generar de manera agregada alrededor de 1,9 toneladas de CO² por cada tonelada de acero producido, la mayor parte proveniente de las reacciones químicas necesarias para generar las altas temperaturas requeridas en los hornos. No obstante, teniendo en cuenta que la duración de los productos elaborados con acero es muy prolongada (40 años en promedio, y 100 años para las infraestructuras), **un problema común que deben enfrentar estos métodos de producción es que la tasa de reciclado es muy baja en comparación a las necesidades,** sobre todo para la ruta o método EAF, que es el menos contaminante de los dos; lo que termina profundizando el uso de la tecnología BF-BOF en todo el mundo, e intensificando su aporte a la contaminación del medio ambiente.

A pesar de ello, la industria busca continuamente nuevas y más eficientes formas de producir acero. Durante el período 2010-2022, por ejemplo, la industria del acero invirtió una media de 7,6% de sus ingresos en nuevos proyectos, investigaciones y procesos orientados a eficientizar la producción y disminuir progresivamente las emisiones

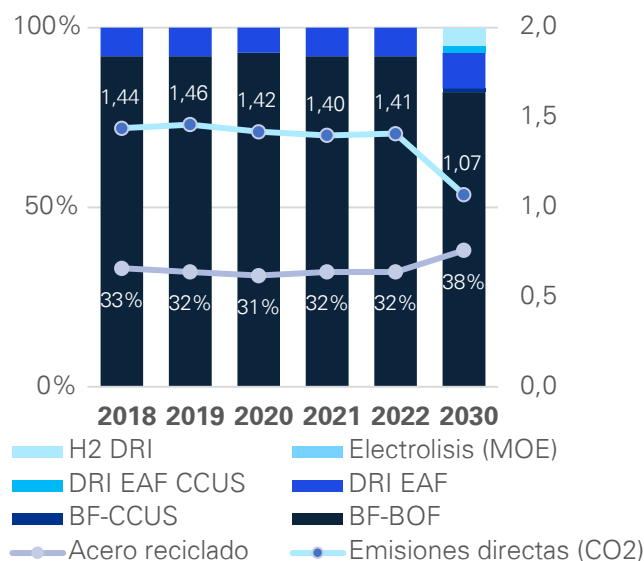
La industria del acero se encuentra entre las más nocivas para el medio ambiente al generar de manera agregada alrededor de 1,9 toneladas de CO² por cada tonelada de acero producido.

contaminantes de la industria. Tal búsqueda no radica solamente en potenciar el uso de las energías renovables para llevar a cero las emisiones contaminantes a futuro, sino también en alcanzar nuevos hitos de desarrollo en las tecnologías existentes como, por ejemplo, la reducción de la intensidad en el uso de la energía mediante un incremento en el uso de acero reciclado o nuevas formas para transformar los gases despididos en el proceso de producción en etanol o metanol. De hecho, WSA estima que desde 1960 hasta la fecha, **se ha reducido en un 60% la intensidad en el uso de la energía** (que es generada por medio de la quema de combustibles fósiles) **para la producción de una tonelada de acero, lo que ha contribuido notoriamente a la reducción de las emisiones de CO²** de la industria en igual período. No obstante, la urgencia climática hace necesario ir más allá.

La **Figura N° 2** resume cuál ha sido la participación en el total de acero producido a nivel global de cada una de las tecnologías o rutas utilizadas entre 2018 y 2022, **y una estimación de cómo podría verse el panorama hacia 2030 teniendo en cuenta el escenario de descarbonización o “cero neto” como objetivo.** Asimismo, en el segundo panel de la misma figura se muestran algunas estimaciones o ejemplos sobre el costo de producción de un kilogramo de acero en base a carbón e hidrógeno, y las diferencias hacia adentro según el método utilizado para reducir las emisiones de CO².

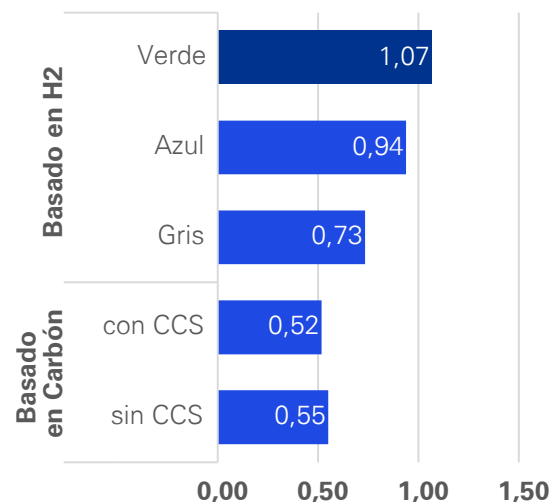
Figura N° 1

Producción de Acero. Cifras globales (2010-2023) y regionales (2016-2023).
(en millones de toneladas y porcentaje)



Como puede apreciarse en la figura, el proceso hacia la reducción de las emisiones contaminantes generadas por la industria del acero conlleva una mezcla combinada de estrategias. En una primera etapa, como resume IEA (IEA, 2023), las emisiones de CO² pueden comenzar a mitigarse mediante mejoras en la eficiencia energética y una mayor recolección y uso del acero reciclado en el proceso

de producción. Sin embargo, el potencial de estas medidas se encuentra limitado tanto por el estado de la tecnología como por la finitud en el suministro del reciclado. De hecho, las estimaciones de la agencia solo permiten proyectar un incremento hacia 2030 de 6 puntos porcentuales (pp.) en ese apartado, pasando de un 32% actual al 38%. Lograr los cambios que la industria necesita llevar adelante y converger hacia el escenario de descarbonización, demandará la implementación de nuevas tecnologías y procesos productivos basados en el uso de la electricidad, el hidrógeno y, en el caso de los métodos más contaminantes (BF-BOF y EAF), la captura y el almacenamiento o uso del carbono (CCS o CCUS). Si ello se concreta, **para 2030 la contribución de la ruta BF-BOF podría disminuir a poco más del 80%, dando lugar al crecimiento de tecnologías como DRI-EAF** (que aportaría el 10%), **DRI-EAF CCUS** (2%), **BF-BOF CCUS** (1%) y **H2-DRI** (5%), que es el método para producir **acero verde** cuando el hidrógeno utilizado es creado a partir de fuentes de energía renovable (es decir, mediante electrólisis renovable). Con esta proyección, **se estima que las emisiones directas de CO² de la industria podrían**



caer a casi 1 Tn/CO² por tonelada de acero para 2030, acercándola gradualmente a un escenario más sostenible y dando pasos sólidos hacia la descarbonización.

Sin embargo, aunque la cantidad de proyectos basados en hidrógeno está en constante aumento, la tendencia aun se encuentra por debajo del trayecto necesario para alcanzar el escenario deseado en 2030. Según IEA, **se necesitan alrededor de 30 proyectos de tamaño similar adicionales a los ya anunciados a nivel global para cumplir con esta meta** (IEA, 2023). Y para ese fin, resulta imprescindible entender los costos asociados a la producción de acero bajo diferentes métodos y combustibles. Como puede observarse en el segundo panel de la **Figura N° 2**, actualmente el costo de producir un kilogramo de acero mediante el uso de hidrógeno se encuentra entre los más elevados y en el rango de entre los US\$ 0,70 a un US\$ 1, **siendo el “verde” el más costoso** (es decir, el producido mediante hidrógeno obtenido a partir de electrólisis renovable) y una de las razones por las cuales solo una fracción del total de proyectos anunciados para la producción de acero está basada en esta tecnología.

2. Proyectos anunciados y en desarrollo.

A pesar de esta realidad, que puede estar relacionada al proceso normal de adopción que atraviesa cualquier innovación y, en este caso en particular, al hecho de que el hidrógeno verde tampoco ha tenido tiempo de masificarse como combustible; existe una cartera inicial de proyectos en desarrollo alrededor del mundo, principalmente en **Europa**, entre los que pueden destacarse las iniciativas de *Salzgitter* (SALCOS) y *ThyssenKrupp* (tkH2Steel) en **Alemania**, o las de *SSAB* (HYBRIT) y *H2-Green Steel* (H2-Green) en **Suecia**, cuya meta es comenzar a utilizar hidrógeno verde en la reducción directa del mineral de hierro (H2-DRI). Sin embargo, como detalla la base de proyectos *Green Steel Tracker*³ (Leadit, 2024), que lleva un registro preciso de iniciativas de este tipo en todo el mundo, a los mencionados pueden sumarse otros desarrollos como el de *Steel4Future*, a partir del cual la compañía *ArcelorMittal* planea comenzar a utilizar hidrógeno verde en las plantas de Bremen y Eisenhuttenstadt (**Alemania**) para producir hasta 3,5 millones de toneladas de acero de aquí a 2030 con emisiones de CO² significativamente menores a las actuales; así como los de *Liberty Steel* (**Australia**) y *Blast Furnace 2.0* (**Alemania**), que constituyen dos ejemplos de acerías existentes que buscan transformar su actual método de producción para pasar de la reducción de hierro mediante el uso de gas natural (NG-DRI) a la de hidrógeno verde. En **Latinoamérica**, en tanto, la situación es algo menos “vistosa”, ya que solo pueden contarse dos proyectos en desarrollo u operación ubicados en **Brasil** y **Chile**.

En el caso de **Brasil**, la empresa *Acero Verde* de Brasil tiene actualmente en funcionamiento en el estado de Maranhão la primera planta productora de acero verde con energía totalmente renovable, siendo además la primera en recibir una certificación de carbono neutral en todo el mundo. Por su parte, la empresa *CAP S.A.*, que es el principal grupo empresario minero y siderúrgico de **Chile**, tiene planeado poner en funcionamiento para 2025 una planta piloto de hidrógeno verde en la zona de Talcahuano, parte de su iniciativa H2V y con la que buscará contribuir a la descarbonización de la producción de acero en ese país, reemplazando el carbón

con combustibles menos contaminantes. Si bien estos proyectos son solo algunos del total de iniciativas anunciadas alrededor del mundo, el listado en general no es extenso y, como asegura la IEA, en el mediano plazo será necesario un plan más ambicioso y con una cartera más nutrida de esta clase de iniciativas si la industria del acero desea cumplir con sus objetivos de descarbonización y ayudar al mundo en su transición.



2.1

El potencial de Latinoamérica reside en el hidrógeno verde

A pesar de que el listado de proyectos de acero verde es corto en relación a las necesidades existentes, sobre todo en Latinoamérica, **la clave para mejorar el desempeño actual consiste en optimizar el costo de producción del hidrógeno verde**, que en la actualidad se encuentra entre US\$3 y US\$12 el kilogramo (IEA, 2023), rango que, lógicamente, está por encima del costo asociado al uso de energía fósil, es decir del **hidrógeno gris** –entre 1 y 3 US\$/Kg sin CCUS, y de entre 1,5 y 3,6 US\$/Kg con CCUS (IEA, 2023)–, y que supera ampliamente al del uso directo de los combustibles fósiles en el proceso de producción del acero (carbón o gas, por ejemplo). Pero esto podría cambiar en el mediano plazo. **Sobre todo, en Latinoamérica.**

Si bien en la actualidad solo una porción del hidrógeno producido a nivel global es “bajo en carbono”, la IEA destacó en un documento difundido en 2019⁴ que el peso de esta variedad podría cambiar en los próximos años, **sobre todo si se tiene en cuenta la caída observada tanto en los costos de producción de las energías renovables**, particularmente para la generación eléctrica, **como en los costos de las tecnologías utilizadas para generar hidrógeno “limpio”** (especialmente, la electrólisis). De continuar esta tendencia, el costo de generación de este combustible podría caer al rango de entre los 2 y 5 US\$/Kg H₂ para 2030 en el producido mediante energía solar, **puediendo llegar a cifras menores**

en Latinoamérica que, según publicaciones especializadas en la materia⁵, se perfila como una de las regiones productoras más “baratas” del mundo para 2050, con costos que podrían quedar por debajo de los 2 US\$/Kg H₂ para ese año en **Argentina, Chile o Brasil**, por citar solo algunos ejemplos. Si a lo anterior sumamos **la cantidad de proyectos de hidrógeno bajo en carbono en operación y en desarrollo en la región (ver Tabla N° 1)**, el futuro parece promisorio; al menos desde dos aspectos centrales, es decir, tanto en materia de producción de acero verde, que en mejores condiciones aumentará su presencia y participación en la cartera de proyectos de la industria, así como en lo relacionado al hidrógeno verde, que será necesario en todo el mundo no solo para alimentar energéticamente a la industria del acero local sino como un importante combustible para el resto de las industrias y actividades económicas alrededor del mundo en su camino hacia la descarbonización.

La clave para mejorar el desempeño actual consiste en optimizar el costo de producción del hidrógeno verde.



Tabla N° 1

Principales proyectos de hidrógeno bajo en carbono en Latinoamérica.

País	Proyecto	Estado	Producto
ARG	Hychico, Comodoro Rivadavia	En operación	H2
	Proyecto H2 (Tierra del Fuego)	Factibilidad	H2
	Pampas	Factibilidad	H2
	Fortescue (Río Negro), Fase I	Factibilidad	H2
	Fortescue (Río Negro), Fase II	Concepto	H2
	Fortescue (Río Negro), Fase III	Concepto	H2
	Pico Truncado	Concepto	H2
BRA	Eletrobras Furnas (Goiás/Minas Gerais)	En operación	H2
	EDP (Ceará)	En operación	H2
	Shell/Raízen/Hytron/Toyota (San Pablo)	En operación	H2
	White Martins (Pernambuco)	En operación	H2
	Unigel, Fase I	Contrucción	Amonio
	Base One, Puerto de Pecem (Ceará)	Factibilidad	H2
	Fortescue (Puerto de Acu)	Factibilidad	Amonio
	Fortescue (Ceará, Port of Pecem)	Factibilidad	H2
	Unigel, Fase II	Factibilidad	Amonio
	Qair Brasil (Pernambuco)	Concepto	H2
	Qair Brasil (Ceará)	Concepto	H2

País	Proyecto	Estado	Producto
BRA	AES (Ceará)	Concepto	Amonio
	Unigel, Fase III	Concepto	Amonio
	Casa dos Ventos y COMERC (Ceará)		H2 + Amonio
CHL	Cerro Pabellón Microgrid 450 kWh Hydrogen ESS	En operación	H2
	Walmart Quilicura forklifts	En operación	H2
	Haru Oni, phase 1	En operación	Varios
	H2V Las Tortolas	En operación	H2
	Power-to-gas Coquimbo	En operación	H2
	Planta Piloto Móvil de H2V	En operación	H2
	Haru Oni, phase 2	Factibilidad	Varios
	HNH	Factibilidad	Amonio
	Hy-Fi	Concepto	Amonio
	Haru Oni, phase 3	Concepto	Varios
	Hoasis (TCP Gecomp)	Concepto	Varios
	H Valle Sur	Concepto	H2
COL	Ecopetrol 50kW electrolyser	En operación	H2
	Promigas	En operación	H2
	Estación Andes	En operación	H2
	SITP Hydrogen Bus	En operación	H2
	TW Solar Sucre	Concepto	Varios
	HUB hidrogeno Atlántico II	Concepto	Varios

País	Proyecto	Estado	Producto
COL	HUB Barranquilla	Concepto	Varios
	Ecopetrol green methanol and biofuel project	Factibilidad	H2
	TGI LOHC	Factibilidad	Varios
CRI	Costa Rica Transportation Ecosystem Project	En operación	H2
	Costa Rica Transportation Ecosystem Project	Construcción	H2
MEX	Energía Los Cabos	Factibilidad	H2
	Delicias Solar	Factibilidad	H2
	Mexican Green Hydrogen Hub, phase 1	Factibilidad	Amonio
	Mexican Green Hydrogen Hub, phase 2	Concepto	Amonio
	Hy2gen Yucatan project, 1	Concepto	Amonio
	Hy2gen Yucatan project, 1	Concepto	Amonio
	Dhamma Energy Guanajuato	Concepto	H2
PER	Industrial Cachimayo	En operación	Amonio
	Horizonte de Verano	Concepto	Amonio
PRY	Ande - Fortescue Future Industries MoU	Concepto	H2
	Ande - Maire Tecnimont - FerSam	Factibilidad	Amonio
	ECB Omega Green biofuel project	Factibilidad	H2
URY	H2U Offshore ANCAP	Concepto	H2
	Paysandu green hydrogen project	Factibilidad	Synfuels

NOTA:

Esta tabla es una versión actualizada de la elaborada para el informe “La Producción de Hidrógeno con tecnologías limpias como medio para acelerar la transformación energética en la región”, de KPMG (2022). Se priorizaron los proyectos en operación.

Como se desprende de la tabla anterior, en la actualidad hay una cantidad importante de proyectos de hidrógeno verde en operación en Latinoamérica, siendo la planta de Industrias Cachimayo, en **Perú**, la más grande y longeva de esta industria en la región (opera desde 1965). Sin embargo, en los últimos años han comenzado a surgir otras iniciativas como parte de este proceso de transformación hacia el hidrógeno bajo en carbono. En **Argentina**, por ejemplo, no puede dejar de mencionarse la planta de hidrógeno *Hychico* en Comodoro Rivadavia (Chubut), que opera desde 2008; así como varios otros proyectos en estadios de concepto o factibilidad, como el de *Fortescue*, en Río Negro, que hasta 2023 se encontraba completando el estudio de impacto ambiental, o el de la planta experimental de producción de hidrógeno a escala semi-industrial en Pico Truncado, Santa Cruz. En **Brasil**, tal vez el máximo exponente actual puede hallarse en el proyecto de *EDP* ubicado en el Complejo de Pecém en Ceará, que posee una planta solar de 3 MW de capacidad y un módulo electrolizador de última generación para la producción de combustible de origen renovable. Asimismo, el

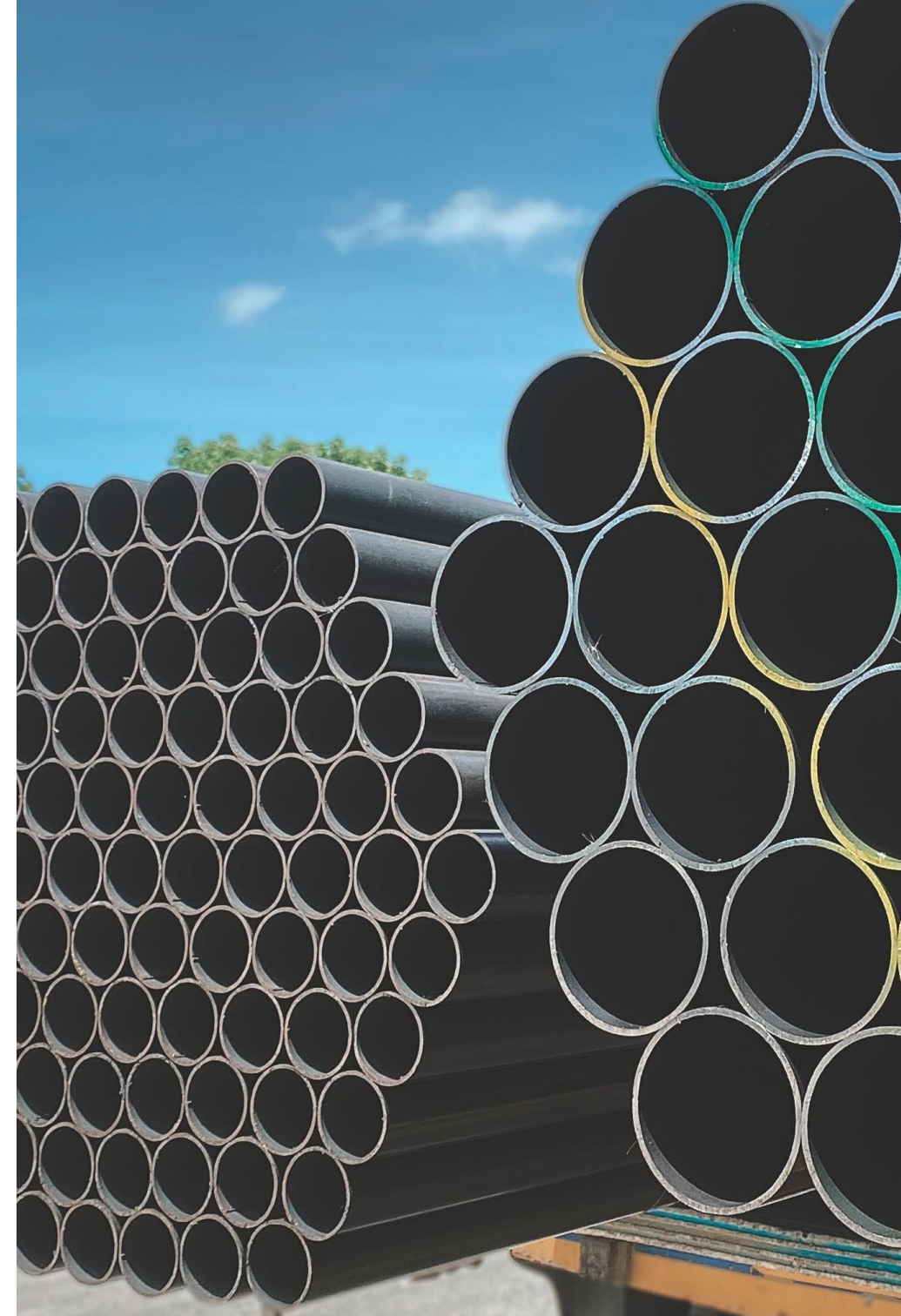


país cuenta con la planta de *White Martins*, en Pernambuco, que produce hidrógeno verde a escala industrial con certificación internacional, y otros proyectos en estado de factibilidad y prefactibilidad (concepto). En **Chile**, en tanto, pueden destacarse la iniciativa *Haru Oni* fase 1, ubicada en Cabo Negro, región de Magallanes, que podría ampliar su capacidad de producción actual hasta alcanzar los 550 millones de litros de combustible renovable (*e-fuels*) en 2026; y el de Cerro Pabellón, en Magallanes, que es la primera planta geotérmica del país que produce hidrógeno verde desde 2017. Finalmente, no debe dejar de señalarse que otros países de la región, como **Colombia, Costa Rica, Paraguay, México y Uruguay**, también se encuentran en el proceso de planificación y desarrollo de iniciativas orientadas a la producción de hidrógeno verde. Éstos quedan detallados para la consulta en la **Tabla N° 1**.

Como destacó la IEA en otro trabajo realizado para Latinoamérica (IEA, 2020)⁶, varios países de esta región, tales como **Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México** comparten características que los hacen candidatos indiscutidos a liderar la

producción y exportación futura de hidrógeno verde. Sin embargo, es importante señalar que, como subrayó **KPMG** en un informe difundido en 2022 (KPMG, 2022), la existencia de algunos obstáculos podrían entorpecer este proceso, particularmente la falta de tecnologías que permitan capturar, transportar y almacenar el CO² generado en la producción de hidrógeno, la necesidad de optimizar el funcionamiento de las cadenas de valor que producen y utilizan este combustible, o el desarrollo de nueva infraestructura. Asimismo, son necesarios mayores niveles de inversión, de tal forma de poder aprovechar economías de escala, y cambios en materia regulatoria y financiera que den lugar a un ambiente propicio para los negocios, por ejemplo el establecimiento de normas que fomenten la producción y el uso de combustibles bajos en carbono, o que refuercen las obligaciones en materia de renovables y generen incentivos fiscales directos e indirectos (impuestos a los combustibles de origen fósil y precios al carbono), entre otros. Además, será importante impulsar la articulación público-privada para el desarrollo de proyectos en hidrógeno y acero verde, así como los programas de apoyo público para financiar los costos de capital (CAPEX) y operativos (OPEX) y, entre otras iniciativas, el impulso de estándares y certificaciones “bajos en carbono”. Finalmente, un obstáculo adicional que debería tenerse en cuenta en este proceso de transición para la región radica en **cómo evolucionarán de aquí en más los costos de las energías renovables**, y cómo esto puede afectar al hidrógeno verde. Como se mencionó anteriormente, la masificación en el uso de las EERR

se hace cada vez más evidente en la medida que los costos de estas energías caen y comienzan a justificar las inversiones corporativas. Sin embargo, el proceso puede ser largo, y seguramente veamos crecer el uso del hidrógeno gris (a partir de gas, sin captura de CO²) o azul (con captura, uso y almacenamiento de CO²) antes de que la producción de hidrógeno verde sea rentable y alcance niveles significativos que permitan desarrollar otras industrias basadas en este combustible, como lo es el acero verde. A pesar de ello, varios medios especializados aseguran que el costo de los electrolizadores ha caído en alrededor de un 60% en los últimos 10 años⁷, lo que junto a la caída progresiva que experimentan los precios de las EERR y de la generación distribuida y dedicada podría ayudar al descenso del costo de producción del hidrógeno verde y hacerlo competitivo frente al de origen fósil en tan solo una década. Solo el tiempo dirá si estas previsiones se cumplen y cuándo, por lo tanto, la región se transformará en el indiscutido productor y exportador de hidrógeno verde que tanto le auguran.



Consideraciones finales

El acero será elemental en el camino hacia la descarbonización, no solo porque conforma un insumo determinante en la construcción de las diversas fuentes de energía renovable, sino porque su propio trayecto hacia el cero neto y la necesidad de producir más limpiamente bajo tecnologías apoyadas en el hidrógeno verde (y otras menos contaminantes que ayudaran en el proceso), será invaluable para lograr una caída sostenible de las emisiones globales de CO² para 2030 y, sobre todo, 2050, que es cuando la industria espera estar más cerca de cumplir su objetivo de transición. No obstante, también debe señalarse que el hierro y el acero estarán entre los últimos sectores que alcanzaran la meta del *cero neto*, ya que, sea por razones de costo o tecnología, seguirá utilizando carbón como combustible durante varios años, debido a su importancia como agente reductor. Mientras tanto, la industria deberá continuar perfeccionando y desarrollando otras tecnologías más asequibles, como la captura de carbono y la producción a base de hidrógenos más limpios (azul, por ejemplo), junto con otros esfuerzos destinados a mejorar la eficiencia en la producción.

Latinoamérica tiene una oportunidad en este contexto. Siendo una de las regiones con mejores perspectivas en materia de hidrógeno de origen renovable y costos mínimos proyectados de producción, el incremento gradual en el número de iniciativas orientadas al acero verde o el producido con tecnologías bajas en carbono, parecería ser lo lógico en el mediano a largo plazo. Sin embargo, para que ello ocurra, deben ser atendidas de manera urgente las barreras enunciadas en la sección anterior, que pueden complicar o desviar en mayor o menor medida la atención

cuando las condiciones sean más adecuadas para explotar estas tecnologías, como así también las necesidades de la industria por mejorar el entorno local, y donde el énfasis debería estar puesto en atender o limitar las importaciones de acero chino de bajo costo mediante una la aplicación *inteligente* de aranceles. Solo de esa manera aparecerán las inversiones y capitales necesarios que permitirán dar un salto de calidad, y posicionar a la región como líder en esta transición.

Referencias

Agencia Internacional de Energía (IEA). *Tracking Steel: Iron & steel* - IEA. IEA, última actualización Julio del 2023.

Agencia Internacional de Energía (IEA). *Global Hydrogen Review 2023*. IEA, diciembre de 2023.

Agencia Internacional de Energía (IEA). *The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities*. IEA, 2019.

Agencia Internacional de Energía (IEA). *Latin America's hydrogen opportunity: from national strategies to regional cooperation*. IEA, 2020.

Asociación Latinoamericana del Acero (ALACERO). *América Latina en cifras 2022/2023*. ALACERO, Noviembre de 2023.

BloombergNEF. *El hidrógeno de América Latina podría ser el más barato del mundo*. BloombergNEF, febrero 2022.

Hasanbeigi, A. 2022. *Steel Climate Impact - An International Benchmarking of Energy and CO2 Intensities*. Global Efficiency Intelligence. Florida, United States.

KPMG. *La producción de hidrógeno con tecnologías limpias como medio para acelerar la transformación energética de la región*. KPMG, 2022

Malenbaum, W., 1973. *Material Requirements in the United States and Abroad in the Year 2000: A Research Project Prepared for the National Commission on Materials Policy*. University of Pennsylvania, Philadelphia.

Leadit. *Green Steel Tracker - Leadership Group for Industry Transition*. Leadership Group for Energy Transition, última visita abril 2024.

World Economic Forum. *The Net-Zero Industry Tracker*. WEF, Julio de 2022.

World Steel Association. *#SteelFacts: #steelFacts* - worldsteel.org. WSA, 2024.

Contacto



Manuel Fernandes

Socio Líder de Energía y Recursos Naturales
de KPMG en América Latina
mfernandes@kpmg.com.br

kpmg.com/socialmedia



© 2024 Ostos Velázquez & Asociados, una sociedad venezolana y firma miembro de la organización global de KPMG de firmas miembro independientes de KPMG afiliadas a KPMG International Ltd, una entidad privada Inglesa limitada por garantía. Todos los derechos reservados. RIF: J-00256910-7.

La información aquí contenida es de naturaleza general y no tiene el propósito de abordar las circunstancias de ningún individuo o entidad en particular. Aunque procuramos proveer información correcta y oportuna, no puede haber garantía de que dicha información sea correcta en la fecha que se reciba o que continuará siendo correcta en el futuro. No se deben tomar medidas en base a dicha información sin el debido asesoramiento profesional después de un estudio detallado de la situación en particular.

KPMG es una red global de firmas independientes que brindan servicios profesionales de Auditoría, Impuestos y Asesoría. Operamos en 146 países y territorios y tenemos más de 227.000 personas trabajando en firmas miembro a nivel mundial. Cada firma de KPMG es una entidad legalmente distinta y separada y se describe a sí misma como tal.

KPMG International Limited ("KPMG International") es una entidad inglesa privada limitada por garantía. KPMG International Limited ("KPMG International") y sus entidades no prestan servicios a clientes.