

Propuesta de definición de hidrógeno 'limpio'

Introducción

Existen varios métodos para producir hidrógeno 'limpio' (bajo en carbono). Este documento se centra en los dos métodos con más probabilidades de dominar la producción futura; el "verde" y el "azul":

(i) El hidrógeno 'verde' se obtiene por electrólisis. La electricidad generada con fuentes de energía renovable se pasa por agua pura (H_2O), que se divide en hidrógeno gaseoso (H_2) y oxígeno gaseoso (O_2). Siempre que la electricidad sea procedente de fuentes de energía renovable y baja en carbono (la cantidad de CO_2e^1 emitida en su producción, unidades de $kgCO_2 / kWh$), el H_2 resultante puede considerarse "limpio", con bajas emisiones de CO_2 .

(ii) El hidrógeno también puede obtenerse a partir del gas natural (metano = CH_4) procesándolo con vapor caliente mediante procesos de 'Reformado de Metano con Vapor' (SMR, por sus siglas en inglés) o 'Reformado Autotérmico' (ATR, por sus siglas en inglés). Esto genera principalmente gas H_2 y CO_2 . Si el gas CO_2 resultante se captura y almacena de forma permanente (posiblemente en un almacenamiento subterráneo 'geológico'), el hidrógeno resultante se conoce como 'azul'.

En algunas circunstancias, la producción de hidrógeno azul puede generar bajas emisiones de CO_2e , en cuyo caso el hidrógeno resultante puede considerarse 'limpio'. En otras circunstancias, la producción de hidrógeno azul puede generar elevadas emisiones de gases de efecto invernadero perjudiciales para el medio ambiente.

Cabe señalar que las plantas químicas del tipo utilizado para producir hidrógeno fósil suelen tener una vida operativa de 30 años, debido al elevado coste de capital. Por consiguiente, cualquier nueva planta de procesamiento, construida en la próxima década, probablemente seguirá funcionando hasta la década de 2060. Por lo tanto, la producción de hidrógeno fósil no puede considerarse una medida temporal o provisional. Además, para ser una solución sostenible, cualquier nuevo proceso de producción de hidrógeno debe cumplir unas rigurosas normas de cero emisiones netas.

Los requisitos de rendimiento del hidrógeno verde han sido especificados por la organización GH2 [1] (más información al respecto más adelante). Por ello, el propósito de este documento es definir las condiciones en las que el hidrógeno azul puede considerarse 'limpio', basándose en el estándar GH2.

1 | Las emisiones de CO_2e son emisiones equivalentes de CO_2 , teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global (PCG) de todos los gases de efecto invernadero resultantes liberados a la atmósfera.

Emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la producción de hidrógeno azul

Hay varias fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción del hidrógeno azul, como se muestra en la Fig. 1. Entre ellas encontramos:

(i) Emisiones ascendentes ('Fugitivas') de metano CH_4 y otros hidrocarburos liberados al introducirse en la cadena de suministro de gas. Estas emisiones pueden proceder del pozo de gas (combustión en antorcha, ventilación o fugas) y de fugas en la infraestructura de la cadena de suministro (por ejemplo, tuberías, bombas, válvulas, embarcaciones, etc.).

(ii) Fuente de energía: El proceso requiere un aporte energético considerable que lleva asociadas emisiones de CO_2 e que deben tenerse en cuenta. Se necesita energía para bombear el metano, suministrar el agua, calentar

el vapor y hacer funcionar la planta de procesamiento. También se necesita una cantidad significativa de energía para bombear el CO_2 al almacenamiento geológico.

(iii) Emisiones de producción: El proceso de reformado emite gases de efecto invernadero (CH_4 , CO_2 , N_2O) así como otros gases con potencial de calentamiento global (NO_x y H_2). Los mayores problemas son la captura incompleta de CO_2 y metano, así como las fugas de hidrógeno en los equipos.

Todas estas emisiones deben ser medidas y tenidas en cuenta a la hora de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la producción del hidrógeno azul.

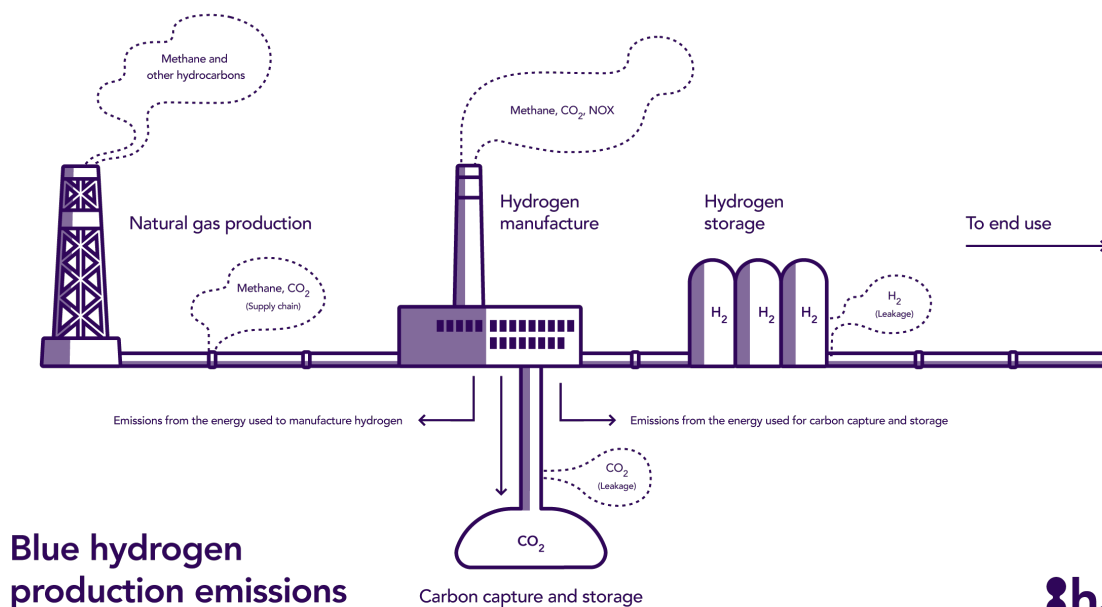


Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero liberadas en el proceso de producción del hidrógeno azul.

Definiendo el concepto

Para ser definido como 'limpio', el hidrógeno azul debe presentar al menos los mismos niveles de emisiones que el hidrógeno verde. Por consiguiente, las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida del hidrógeno azul no deben ser superiores a las del hidrógeno verde.

Con ello se garantiza:

(i) Igualdad de condiciones en la industria del hidrógeno. Todo el hidrógeno debe cumplir con los mismos estándares de emisiones y con rigurosos estándares sobre cero emisiones netas en el futuro.

(ii) Cuando se utilice hidrógeno 'limpio' (por ejemplo, para descarbonizar la industria, el transporte o la calefacción), el nivel de emisiones de CO₂e deberá ser igual de bajo en todos los casos, independientemente de la fuente del hidrógeno.

(iii) Siempre que se recurra a sistemas que utilizan hidrógeno limpio se deberá estar seguro del nivel de carbono emitido, sin tener que realizar un análisis detallado de la procedencia del hidrógeno. Ello simplificará el comercio del hidrógeno al armonizar los mercados de los distintos países.

(iv) En la producción de hidrógeno se deberá utilizar en todos los casos la mejor tecnología disponible.

(v) Cualquier subvención gubernamental relativa a la producción de hidrógeno limpio se aplicará en beneficio del medio ambiente, y no de un sector de la industria en detrimento de otro.

Definición

El punto de partida para la definición del hidrógeno limpio es el 'Estándar de Hidrógeno Verde' propuesto por la Green Hydrogen Organization (GH2) [1], el cual indica:

"El hidrógeno verde es hidrógeno producido mediante la electrólisis del agua con energía 100% o casi 100% renovable con emisiones de gases de efecto invernadero próximas a cero (≤ 1 kg de CO₂e por kg de H₂ tomado como promedio en un período de 12 meses)." [1]

La definición GH2 de hidrógeno verde incluye las emisiones de "alcance 1" de la producción, incluidos el tratamiento y la desalinización del agua, y las emisiones de "alcance 2" de la electricidad renovable on-site o adquirida. Se basa en la metodología propuesta por la Asociación Internacional para el Hidrógeno y las Pilas de Combustible en la Economía (IPHE, por sus siglas en inglés) [2]. Según GH2, este estándar es "la única opción [definición de hidrógeno] alineada con el objetivo de 1,5 grados"².

Para garantizar que las emisiones de gases de efecto invernadero del hidrógeno azul no sean superiores a las del hidrógeno verde, la definición propuesta por la Hydrogen Science Coalition tiene 4 componentes, como se especifica en la Fig. 2.

2 | El criterio GH2 es fácil de entender. Dado que se necesitan aproximadamente 50 kWh de electricidad para producir 1 kg de hidrógeno por electrólisis, la definición de GH2 implica el uso de electricidad con un "Factor de carbono" bajo de 20 gCO₂e por kWh de electricidad: $50 \text{ kWh/kgH}_2 \times 20 \text{ gCO}_2\text{e/kWh} = 1000 \text{ gCO}_2\text{e/kg H}_2 = 1 \text{ kgCO}_2\text{e/ kg H}_2$.

1) Definición de hidrógeno limpio	2) Origen de energía limpia
<p>Las emisiones de CO₂e de toda la cadena de suministro coinciden con lo propuesto por el Estándar de Hidrógeno Verde:</p> <p style="text-align: center;">1 kg CO₂e por kg H₂</p> <ul style="list-style-type: none"> Incluye todas las emisiones de "alcance 1" de la producción, incluidos el reformado del metano y la CAC, y las emisiones de "alcance 2" de la cadena de suministro de metano y cualquier electricidad on-site o adquirida. PCG de todos los gases de efecto invernadero, incluidos CH₄, H₂, N₂O, y NO_x, calculado sobre una base de 100 años. <p>https://gh2.org/our-initiatives/gh2-green-hydrogen-standard</p>	<p>(i) Certificados de origen de toda la energía (gas y electricidad) utilizada en la producción del hidrógeno y el secuestro de CO₂.</p> <p>(ii) Garantías de emisiones de CH₄ en toda la cadena de suministro de gas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Producción, acumulación y potenciación Procesado y licuefacción Transmisión: todas las tuberías y embarcaciones Transporte, carga, descarga y almacenamiento <p>Las garantías deben cumplir el "Estándar de Certificación de Emisiones de Metano" de MiQ, o equivalente: https://miq.org/</p>
3) Producción con bajas emisiones	4) Proceso de auditoría independiente
<p>(i) Garantías de emisiones de CO₂e a través del proceso de Reformado y proceso posterior;</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ y otros gases de efecto invernadero liberados durante el Reformado y el almacenamiento de H₂ Emisiones de CO₂e procedentes de la energía del proceso de CAC Fugas de CO₂ por compresión, transmisión y secuestro <p>(ii) Garantías del almacenamiento a largo plazo (99% a lo largo de 1.000 años), con previsión de seguimiento del almacenamiento a largo plazo.</p> <p>Mediciones y cálculos de las emisiones de CO₂ según la norma ISO/TC 265 "Captura, transporte y almacenamiento geológico de dióxido de carbono" https://www.iso.org/committee/648607.html</p>	<p>(i) Verificación independiente basada en datos realizada por auditores autorizados, de conformidad con los principios de la norma ISO 14016:2020 "Gestión medioambiental - Directrices sobre la garantía de los informes medioambientales".</p> <p>(ii) Todas las emisiones deben garantizarse durante el proceso de diseño, verificarse y certificarse para el producto final.</p> <p>https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14016:ed-1:v1:en</p>

Figura 2. Cuatro componentes de la definición propuesta del hidrógeno 'limpio'.

Definición de hidrógeno 'limpio'

La definición de 'hidrógeno limpio' propuesta por la Hydrogen Science Coalition utiliza la misma medida cuantitativa de emisiones de GEI que el Estándar de Hidrógeno Verde [1], pero tiene en cuenta todas las emisiones de GEI en la producción de hidrógeno azul y su cadena de suministro, de la siguiente manera:

Las emisiones de CO₂e de toda la cadena de suministro no deben ser superiores a 1 kg de CO₂e por kg de H₂ teniendo en cuenta todas las emisiones de gases de efecto invernadero de "alcance 1" de la producción de hidrógeno, incluido el reformado del metano CH₄ y la CAC y todas las emisiones de gases de efecto invernadero de "alcance 2" de la cadena de suministro de metano y cualquier electricidad on-site o adquirida.

Para ajustarse a la definición, el potencial de calentamiento global (PCG) de los gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, H₂, N₂O y NO_x) emitidos en el procesamiento del hidrógeno azul debe calcularse sobre una base de 100 años. Esta métrica es la más utilizada en los acuerdos internacionales, incluido el estándar GH2 [1]. Sin embargo, es importante señalar que la norma de los 100

años se considera cada vez más una elección arbitraria, que no se ajusta a los objetivos globales del Acuerdo de París. Según Abernethy y Jackson [3], el plazo de 100 años subestima el PCG del metano en un 63% en relación con el objetivo de 1,5°C. Los autores calcularon que se necesita un horizonte temporal de 24 años, utilizando 2045 como fecha final, con su correspondiente PCG 1,5°C = 75 para mantener las emisiones en línea con el objetivo de 1,5°C de aumento máximo de la temperatura global.

Dada la gran diferencia entre las bases de 20 y 100 años para calcular las emisiones de CO₂ equivalentes, la definición de hidrógeno 'limpio' propuesta por la Hydrogen Science Coalition recomienda que las empresas informen de sus emisiones tanto en horizontes temporales de 20 como de 100 años.

Origen de energía limpia

Para garantizar que las emisiones de CO₂e de la energía utilizada en el procesamiento del hidrógeno azul:

- Todo el gas de entrada utilizado en la producción de hidrógeno y toda la electricidad utilizada en la producción de hidrógeno y en el secuestro de CO₂ deberían ir acompañados de certificados de origen.
- Todas las emisiones de CH₄ y otros GEI a lo largo de la cadena de suministro de gas deberían medirse y garantizarse de acuerdo con el "Estándar de Certificación de Emisiones de Metano" de MiQ, o equivalente [4]. Esto incluye todas las emisiones en la:
 - Producción, acumulación y potenciación
 - Procesado y licuefacción
 - Transmisión: todas las tuberías y embarcaciones
 - Transporte, carga, descarga y almacenamiento

Producción con bajas emisiones

La definición de hidrógeno limpio de la Hydrogen Science Coalition exige que se certifiquen todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través del proceso de Reformado³ y proceso posterior del CO₂ y del procesamiento y almacenamiento del hidrógeno.

Esto incluye:

- Todas las emisiones del proceso deben estar certificadas:
 - Emisiones de CO₂e procedentes de la energía del proceso de CAC
 - CO₂ no capturado y otros GEI (CH₄, H₂, N₂O y NOx) liberados durante el Reformado
 - Fugas de CO₂ durante la compresión, transmisión y secuestro
 - Fugas de H₂ durante la compresión y almacenamiento
- El CO₂ debe almacenarse con una garantía de almacenamiento a largo plazo del 99% durante 1.000 años. Esto debe ser garantizado y evaluado de forma exhaustiva, con directrices para el seguimiento a largo plazo del almacenamiento de carbono.
- Todas las mediciones, cálculos y estándares del proceso deben cumplir la norma ISO/TC 265 [5].

Proceso de auditoría independiente

- Los cálculos realizados para determinar las emisiones de CO₂e del hidrógeno limpio deberán someterse a una verificación independiente basada en datos realizada por auditores autorizados, de conformidad con la norma ISO 14016:2020 [6].
- Todas las emisiones deben garantizarse durante el diseño del proceso, verificarse y certificarse para el producto final.

3 | El proceso más común para reformar metano se denomina "Reformado de Metano por Vapor" (SMR, por sus siglas en inglés). Recientemente se ha probado un proceso alternativo, el "Reformado Autotérmico" (ATR, por sus siglas en inglés), para fabricar hidrógeno en lugar del SMR. Una ventaja significativa del ATR es que es más fácil capturar el CO₂ generado por el proceso que en el SMR. Por consiguiente, el ATR puede liberar menos CO₂ a la atmósfera.

Referencias

- [1] Green Hydrogen Organisation (GH2) 'The Green Hydrogen Standard', May 2022, <https://gh2.org/our-initiatives/gh2-green-hydrogen-standard>
- [2] IPHE 'Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated With the Production of Hydrogen', Working Paper, v1, Oct 2021, https://www.iphe.net/_files/ugd/45185a_ef588ba32fc54e0eb57b0b7444cfa5f9.pdf
- [3] Abernethy, S. and Jackson, R.B. 'Global temperature goals should determine the time horizons for greenhouse gas emission metrics', Environmental Research Letters, Volume 17, Number 2, 024019, <https://www.doi.org/10.1088/1748-9326/ac4940>
- [4] MiQ 'Methane Emissions Certification Standard', 2022, <https://miq.org/>
- [5] ISO/TC 265 'Carbon dioxide capture, transmission and geological storage', <https://www.iso.org/committee/648607.html>
- [6] ISO 14016:2020 'Environmental management — Guidelines on the assurance of environmental reports', <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14016:ed-1:v1:en>

 @h2coalition

 /hydrogen-science-coalition

www.h2sciencecoalition.com

media@h2sciencecoalition.com

 **Hydrogen
science coalition**