

**SIEMENS**

*Ingenuity for life*

## **Power-to-X:**

El negocio crucial  
en el camino a un  
mundo libre de carbono

## Queridos lectores,



Mejorar la conversión de energía y vincular diferentes sectores como la movilidad, los productos químicos o la vivienda (Power-to-X) debería inspirar el progreso en la industria. Los múltiples elementos deben fusionarse para formar un sistema integrado y sostenible pero confiable.

A medida que nos acercamos a un sistema de energía descarbonizado y descentralizado, una mayor complejidad desafía la eficiencia del sistema. La nueva tecnología permite equilibrar e integrar las capacidades divergentes de energía renovable y avanzar en la transición energética.

El acoplamiento de sectores a través del hidrógeno verde está configurado para ser un elemento básico y una columna vertebral para un futuro energético basado en energías renovables. La conversión de electricidad en hidrógeno o combustibles sintéticos, lo que la hace almacenable, transportable y utilizable para todo tipo de sectores consumidores de energía, mejora la aplicación de energía verde en todo el sistema. Las posibilidades de su impacto en la transición energética requieren medidas urgentes para investigar, desarrollar y aplicar el potencial significativo de Power-to-X, liberando así el valor económico y tecnológico que ofrece a todo el sistema energético.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lisa Davis'.

Lisa Davis

CEO de Gas y Energía  
Miembro de la Junta Directiva de  
Siemens AG

# Contenido

<b>1. ¿Por qué participar en Power-to-X?</b>	<b>4</b>
La descarbonización rápida es imprescindible.....	4
El acoplamiento sectorial abre todo el panorama energético para las fuentes renovables.....	4
Power-to-X es el camino más importante.....	5
El núcleo de Power-to-X es e-Hydrogen.....	6
La descarbonización del Mundo con Power-to-X podría empezar hoy .....	7
<b>2. Tecnología: rutas de Power-to-X y casos de uso</b>	<b>9</b>
Power-to-Hydrogen .....	9
Power-to-Methanol, Power-to-Hydrocarbons.....	10
Power-to-Ammonia.....	10
<b>3. Vamos al Grano: viabilidad económica y motores</b>	<b>11</b>
Producción de e-Fuels bajo las mejores condiciones locales.....	11
Power-to-X puede contribuir al equilibrio de la red .....	13
E-Fuels superan a los combustibles a base de biomasa .....	14
Todavía se necesitan incentivos regulatorios.....	14
<b>4. De la mano: soluciones proporcionadas por Siemens</b>	<b>16</b>
Paquete de hidrógeno de Siemens .....	17
Paquete de Reelectrificación de Siemens (Soluciones Turbina de Gas H <sub>2</sub> ) .....	20
Turbinas de Gas .....	21
Motores alternativos / celdas de combustible .....	22
Paquete Siemens e-Fuel .....	23
Captura CO <sub>2</sub> .....	23
I&C, Soluciones Digitales .....	24
<b>5. El poder del ahora: la economía del hidrógeno comienza hoy</b>	<b>26</b>

# 1. ¿Por qué participar en Power-to-X?

## La descarbonización rápida es imprescindible

La crisis climática es palpable: según las Naciones Unidas, las tormentas, los incendios forestales, las sequías y otros fenómenos climáticos extremos alimentados por el cambio climático han afectado a 4.500 millones de personas en los últimos 20 años, y un estudio de la compañía de seguros alemana Múnich RE mostró que el costo de estos desastres solo en 2018 ascendió a US \$ 160 mil millones. Las continuas proyecciones de daños causados por la emisión de gases de efecto invernadero son terribles e incalculables: aumento de las temperaturas mundiales, disminución de los glaciares, océanos más cálidos, desaparición de las costas y aumento de las catástrofes naturales.

El efecto invernadero se ha convertido en el factor decisivo para las políticas energéticas en todo el mundo. En un esfuerzo por limitar el calentamiento global a muy por debajo de 2°C por encima de los niveles preindustriales, el Acuerdo de París negociado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2015 requiere cero emisiones netas para 2045 a 2060. Ciento setenta y cuatro países han firmado el tratado, pero la presión política en los países industrializados está aumentando para aumentar la velocidad de transformación.

Se han realizado enormes esfuerzos e inversiones para aumentar la participación de la electricidad de las energías renovables en el sector eléctrico hasta un 25% a nivel mundial en 2017, pero con poco impacto en las emisiones globales de carbono. A medida que el sector eléctrico contribuye a las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en solo un 40%, se ha visto poco progreso en la descarbonización del 60% restante de otros sectores como el transporte, edificios, industria y otros. De hecho, las emisiones de gases de efecto invernadero han seguido alcanzando su pico anual con un aumento récord de 1.7% en 2018.

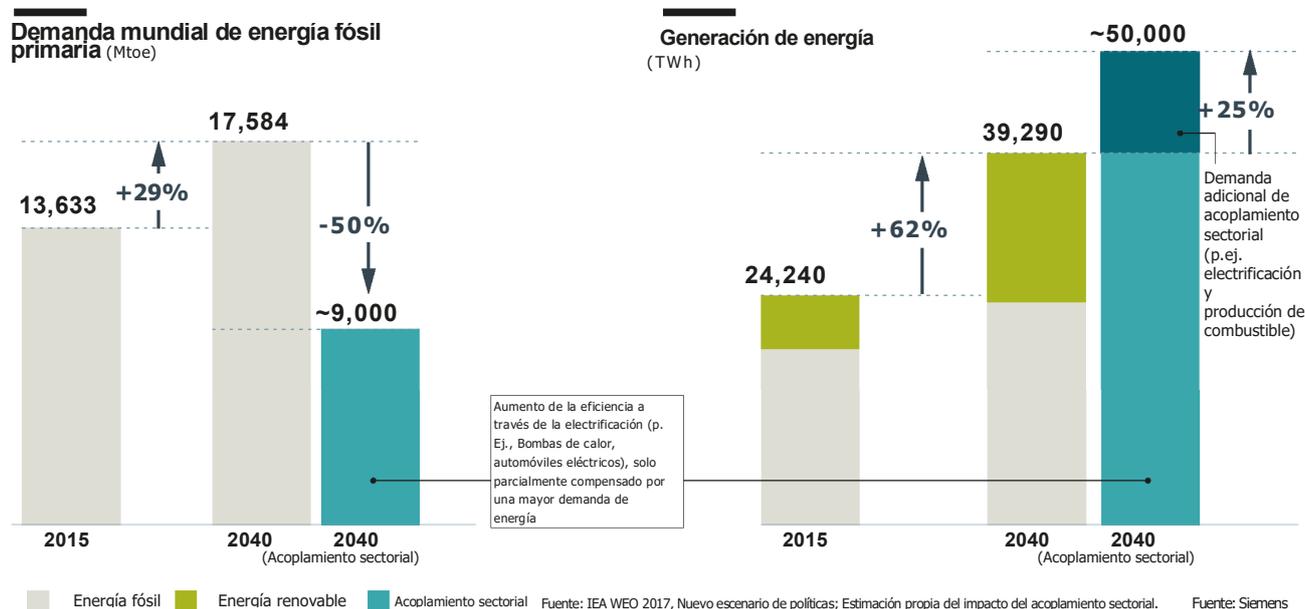
## El acoplamiento sectorial abre todo el panorama energético para las fuentes renovables

En una economía dominada por la demanda de los combustibles fósiles, la descarbonización de sectores como la industria, la energía, la calefacción, el gas o la movilidad se llevó a cabo en gran medida por separado. Para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas de CO<sub>2</sub> a mediados de siglo, estos sectores separados deben integrarse o acoplarse para proporcionar energía renovable del sector eléctrico para apoyar su descarbonización. Este acoplamiento sectorial es un elemento fundamental de la transición energética. La falta de definición de los límites de la industria se vuelve aún más importante a medida que la capacidad instalada en energía renovable continúa aumentando. Hoy en día, en algunos países, la energía suministrada por la energía eólica y solar, por lejos las fuentes más importantes de energía renovable, superan el consumo inmediato. Como resultado, muchos parques eólicos deben reducirse cuando su generación de energía excede la demanda.

El uso de energía eléctrica renovable del sector eléctrico para descarbonizar la energía en todos los sectores libera un enorme potencial ambiental y comercial: bajo ciertas condiciones, podemos demostrar que el acoplamiento del sector ofrece el potencial de reducir el consumo primario de energía fósil en un 50 por ciento. Al mismo tiempo, la demanda de energía tendría que aumentar en un 25 por ciento, convirtiendo al sector eléctrico en la columna vertebral del suministro de energía.

## El sector eléctrico se convierte en la columna vertebral del suministro de energía.

Con el acoplamiento del sector, el aumento de la electrificación reduce significativamente el consumo de energía fósil primaria.



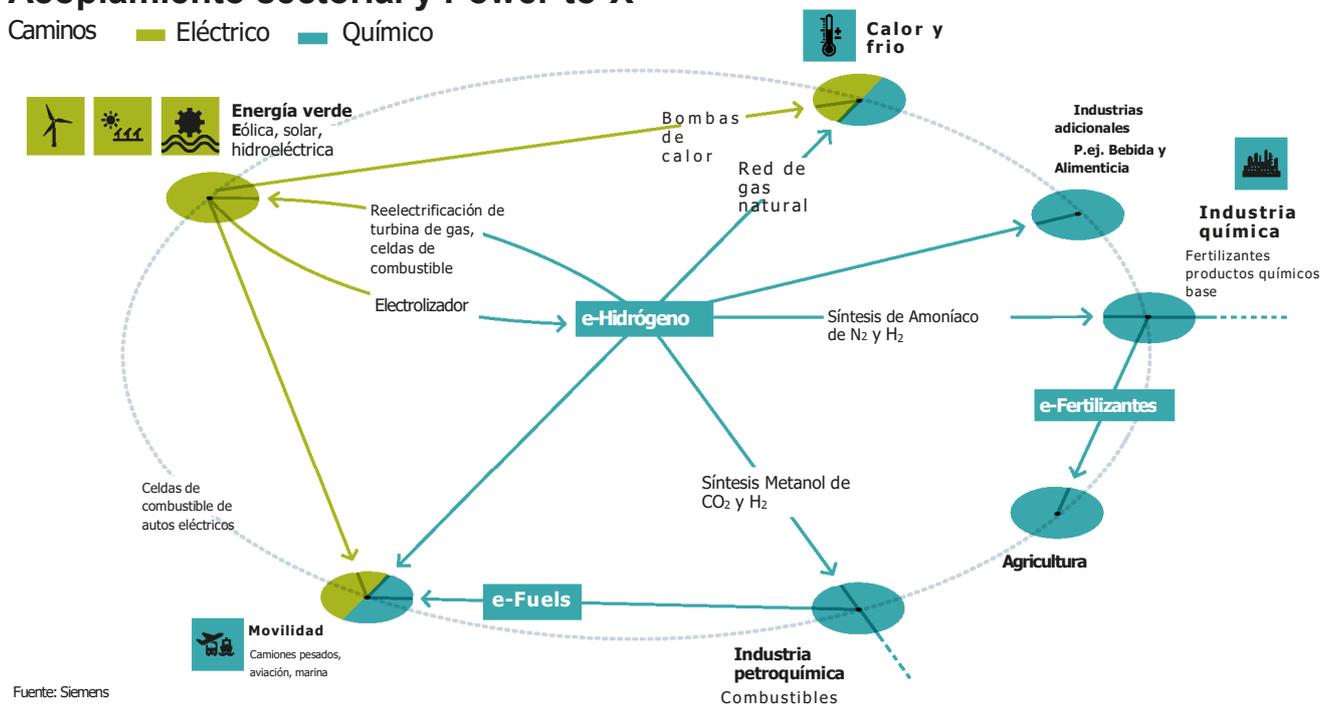
Sin embargo, el acoplamiento de recursos de energía renovable en su mayoría volátiles con los diferentes sectores conduce a estructuras complejas con la necesidad de modos de operación y control optimizados. Las soluciones digitales desempeñarán un papel importante en la habilitación de tales infraestructuras.

## Power-to-X es el camino importante

Los procesos Power-to-X son la respuesta tecnológica para el acoplamiento de sectores. Durante décadas, la generación combinada de calor y energía (CHP) ha sido un éxito para maximizar la eficiencia de la energía fósil mediante el uso de calor residual para el sector de la calefacción. Potencia para calentar (Power-to-Heat) a través de bombas de calor o barras de calentamiento (que son más simples, pero menos eficientes) abrirán un nuevo concepto ecológico para calentar edificios o incluso proporcionar calor de proceso para la industria. La electromovilidad, el uso directo de energía eléctrica a través de baterías, se promueve actualmente en numerosos países, principalmente para automóviles. Sin duda, esta es una tendencia disruptiva importante. Sin embargo, la electromovilidad probablemente no sea la respuesta para el transporte pesado de larga distancia, la marina y la aviación. Aquí, los combustibles sintéticos densos en energía generados a partir de energía eléctrica renovable, llamados e-Fuels, deberían reemplazar cada vez más los combustibles fósiles. Estos e-Fuels son similares y se pueden mezclar con combustibles convencionales para reducir el contenido de carbono en la mezcla de combustible a través del tiempo, sin la necesidad de cambiar los automóviles o la infraestructura logística de combustible. De esta manera, la transición de un mundo fósil a un entorno en gran parte neutral en carbono se puede hacer sin problemas con reducciones de emisiones inmediatas en el camino.

## Acoplamiento sectorial y Power-to-X

Caminos ■ Eléctrico ■ Químico



### El núcleo de Power-to-X es e-Hidrógeno

Actualmente, se producen más de 50 toneladas de hidrógeno en todo el mundo cada año, principalmente a partir de la reforma de metano a vapor o la reforma autotérmica. El cincuenta por ciento de este hidrógeno se usa para la síntesis de amoníaco, que es la base del fosfato de amoníaco o la urea y otras sustancias químicas. El hidrógeno también se usa en refinerías para el craqueo de hidrocarburos y otros procesos. En la industria alimentaria, el hidrógeno se utiliza para endurecer las grasas.

El método convencional para producir hidrógeno es el proceso de reformado con vapor, en el que el vapor reacciona con el gas natural para producir gas sintético o gas de síntesis, una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono. El CO se cambia a CO<sub>2</sub>, que finalmente se elimina, pero generalmente se emite a la atmósfera. Si se retiene el CO<sub>2</sub>, que cada vez es más considerado por diferentes compañías, este hidrógeno a base de fósiles se puede producir sin emisiones de CO<sub>2</sub> hasta cierto punto.

En comparación, la generación de e-hidrógeno a través de la electrólisis del agua con energía eléctrica de fuentes renovables está completamente libre de emisiones de CO<sub>2</sub> desde el principio.

El descubrimiento de la electrólisis se remonta al año 1800, cuando el físico italiano Alessandro Volta descubrió que las moléculas de agua podían dividirse en oxígeno e hidrógeno por medio de una corriente eléctrica. Este descubrimiento se ha convertido en una tecnología clave para la transición energética porque la energía del enlace químico en el hidrógeno se puede extraer de muchas maneras.

Se puede almacenar y utilizar fácilmente como combustible directo para la movilidad o como materia prima para diversas industrias. Mediante síntesis con dióxido de carbono (de emisiones industriales inevitables o de captura directa del aire) se puede convertir en combustibles electrónicos sintéticos y sostenibles como e-Metanol, e-Metano,

e-Diesel, e-Queroseno u otros productos químicos a base de carbono. E-Amoníaco de e-Hidrógeno y nitrógeno es otra aplicación.

En un mundo ampliamente descarbonizado, e-Hidrógeno realizará un almacenamiento a largo plazo y estacional de energía a energía a gran escala. La reelectrificación se realizará en turbinas de gas, motores o celdas de combustible con capacidad H<sub>2</sub> para proporcionar seguridad del suministro de electricidad en períodos de bajo suministro de energía renovable, p. falta de viento.

Power-to-X permite una transición suave del mundo fósil a uno sin carbono con reducciones de emisiones crecientes en el camino: los combustibles E-Fuels se pueden mezclar con combustibles fósiles para reducir la huella de carbono general. Un aumento constante del contenido sostenible en los combustibles permite una transición gradual hacia un reemplazo total de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía y materias primas en el transporte, la calefacción, la industria y la generación de energía.

## **La descarbonización del mundo con Power-to-X podría comenzar hoy**

La transición a una economía libre de carbono necesitará inversiones a gran escala. Los automóviles eléctricos, por ejemplo, solo tienen carbono neutral si la energía que los alimenta proviene de fuentes renovables. Pero el principal impedimento para cambiar la flota hoy en día es la inversión requerida para crear una red de estaciones de carga, y los inversores son difíciles de atraer porque la cantidad de autos eléctricos aún es pequeña. Además, los modos de transporte de larga distancia, como los vehículos de carga pesada, resultan más difíciles de electrificar sin desarrollar un sistema de tranvía o líneas aéreas, y los barcos o aviones comerciales no pueden funcionar solo con electricidad. Por lo tanto, es poco probable que la electromovilidad por sí sola pueda lograr una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero en los próximos años. Power-to-X puede producir combustibles que tienen un efecto decreciente inmediato sobre las emisiones de gases de efecto invernadero: E-Metano, e-Metanol, e-Diésel, e-Gasolina o e-Jet-fuel pueden usarse dentro de las infraestructuras logísticas de combustible existentes. Si bien algunos combustibles sintéticos que se usan hoy en día se producen a partir de fuentes fósiles, por lo que no son ni neutros ni libres de carbono, los combustibles electrónicos sintéticos de los procesos Power-to-X son diferentes. Estos e-Fuels también podrían producirse con un exceso de electricidad de los parques eólicos y solares, evitando las reducciones temporales actuales o las paradas de estas fuentes cuando generan demasiada energía para la red.

Lo mismo es válido para el sector de la calefacción: las infraestructuras existentes, como los gasoductos, las estaciones de servicio y las instalaciones de almacenamiento, podrían utilizarse continuamente. Y de nuevo, es válido para la generación de energía a gran escala. El hidrógeno ya es adecuado para la reelectrificación, ya que las turbinas de gas modernas pueden funcionar con una mezcla de hidrógeno en gas natural de hasta el 100 por ciento. Por lo tanto, el hidrógeno se puede almacenar en redes de gas y volver a electrificar con turbinas de gas, utilizando quemadores especiales para minimizar las emisiones de NO<sub>x</sub>.

El acoplamiento de sectores y Power-to-X es el camino hacia ciclos cerrados de CO<sub>2</sub> e infraestructuras de CO<sub>2</sub> neutro.

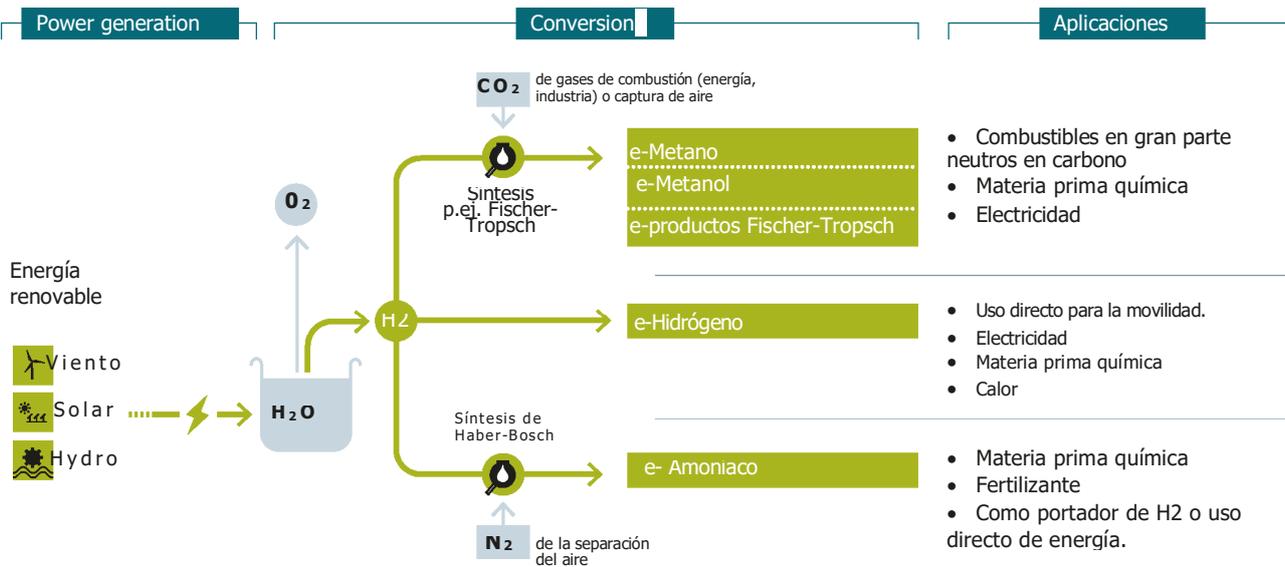
Las energías renovables se pueden utilizar para descarbonizar muchos sectores de la economía. Junto con tecnologías energéticamente eficientes como bombas de calor, electromovilidad o plantas combinadas de calor y energía, Power-to-X es fundamental para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La síntesis de e-Hidrógeno con CO<sub>2</sub> da como resultado un ciclo de CO<sub>2</sub> en gran parte cerrado: se captura donde se producen los e-Fuels y se emite donde se usan, haciendo que estos e-Fuels sean en gran parte neutros en carbono.

La energía se puede almacenar en grandes cantidades y durante largos períodos de tiempo dentro de una infraestructura de almacenamiento ya existente, como las redes de gas (hidrógeno o e-metano). Los picos de producción de energías renovables volátiles pueden almacenarse para su uso posterior, lo que aumenta la seguridad del suministro. Con Power-to-X soluciones en grandes dimensiones, las energías renovables también se pueden usar en lugares lejanos donde actualmente no es viable debido a redes inexistentes o un bajo requerimiento de energía eléctrica.

## 2. Tecnología: rutas de Power-to-X y casos de uso

### Tres caminos de Power-to-X

Hidrogeno molecular, metanol e hidrocarburos basados en electricidad, así como amoniaco.



Fuente: Siemens

### Power-to-Hydrogen

El paquete Siemens H<sub>2</sub> comprende todos los sistemas para producir e-Hidrógeno: el electrolizador usa electricidad para convertir el agua en hidrógeno. Hay tres tipos de electrólisis.:

- Alcalina con alta madurez comercial y experiencia operativa,
- Óxido sólido, que actualmente se introduce a menor escala, y
- Electrólisis de membrana de intercambio de protones (PEM). Con la tecnología PEM, el electrolizador se puede encender y apagar sin precalentamiento, lo que genera una alta flexibilidad y una eficiencia general del sistema incluso con cargas parciales. Por lo tanto, es perfectamente adecuado para los perfiles de carga de fuentes de energía renovables como la eólica y la solar, que son volátiles por naturaleza.

Dependiendo de la aplicación, e-Hidrógeno se puede purificar y comprimir a los niveles necesarios para uso directo, almacenamiento o distribución.

Como portador de energía y químico base, e-Hidrógeno se utiliza para diferentes aplicaciones.:

**Electricidad** mediante reelectrificación: el almacenamiento de alta capacidad de energía eléctrica a través de e-Hidrógeno y reelectrificación en turbinas de gas (ciclo simple y ciclo combinado), motores o celdas de combustible. Este uso se espera a mediano y largo plazo.

**Calor:** la generación de calor especialmente de alta temperatura (proceso) mediante la combustión de e-Hidrógeno o en un proceso combinado de calor y energía (CHP). De nuevo, este uso se espera a mediano y largo plazo.

**Movilidad:** Al reducir la intensidad de CO<sub>2</sub> de los combustibles convencionales y reemplazar el hidrógeno a base de combustibles fósiles en los procesos de refinación, el sector de la movilidad puede lograr una descarbonización de alrededor del 10 por ciento a corto plazo. A largo plazo, sería posible la descarbonización al 100% con nueva infraestructura adicional, ej.; estaciones de hidrógeno y celdas de combustible.

## **Power-to-Methanol, Power-to-Hydrocarbons**

Las vías alternativas, especialmente esenciales para la descarbonización del sector de la movilidad, son los combustibles electrónicos sintetizados a partir de e-Hidrógeno con CO<sub>2</sub>, e-Metano (CH<sub>4</sub>, a través del proceso Sabatier), e-Metanol (CH<sub>3</sub>OH) o mediante el proceso Fischer-Tropsch combustibles para aviones a base de electricidad, diésel o ceras (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>). Estos procesos de síntesis tienen lugar a niveles de presión elevados (por ejemplo, síntesis de metanol a -80 bar), son exotérmicos y catalíticos. Están bien establecidos para el gas de síntesis, una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono, que se genera a partir de fuentes fósiles como el gas natural o el carbón. En cambio, la aplicación de dióxido de carbono necesita la conversión de CO<sub>2</sub> a CO en un proceso separado: el cambio inverso de agua y gas. Para e-Metanol, diferentes compañías e institutos están desarrollando procesos disponibles comercialmente para la conversión directa de hidrógeno y CO<sub>2</sub>. A diferencia de las operaciones convencionales de carga base de tales procesos en la industria química actual, la producción de e-Fuels debe ser viable para una operación de carga flexible.

Junto con los biocombustibles, los e-Fuels son muy relevantes para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector de la movilidad: si bien aún se utilizan las infraestructuras existentes (distribución, estaciones de servicio), alrededor del 50 por ciento de la descarbonización se espera en el mediano plazo con estos e-Fuels en gran parte neutros en carbono. El carbono se utilizará como un transportista para llevar energía renovable como combustible electrónico a la infraestructura actual (sistemas de estaciones de combustible, barcos, aviación) de última generación, uniendo tecnología nueva y existente.

En ese contexto, el e-Metanol es de especial importancia para el sector de la movilidad: por ejemplo, China utiliza actualmente alrededor de un tercio de su producción de metanol basado en combustibles fósiles para el transporte (en diferentes calidades, M15 a M100). En Europa, hoy en día alrededor del 3 por ciento del metanol podría mezclarse con la gasolina fósil. Producirlo a partir de fuentes de energía renovables evitaría directamente las emisiones netas de CO<sub>2</sub> derivadas de la cadena de suministro convencional. A través del proceso de Metanol a Gasolina (MtG), se podría producir e-Gasolina totalmente sostenible. Otros productos posteriores son aditivos de combustible (MTBE), formaldehído, ácido fórmico u olefinas (MTO).

Los e-Fuels basados en la Energía del Carbono (Power-to-Carbon) abren un camino para descarbonizar el sector del transporte más allá de las ganancias alcanzadas por la electromovilidad. Se ven las principales aplicaciones para camiones, barcos y aviación.

## **Power-to-Ammonia**

E-Ammoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se sintetiza a partir de e-Hidrógeno y nitrógeno derivado de una unidad de separación de aire. El proceso subyacente de Haber-Bosch está bien establecido. E-Ammoníaco se puede utilizar como materia prima para fertilizantes (urea, fosfatos de amoníaco) y otros productos químicos. Con aproximadamente 175 kilogramos de hidrógeno por tonelada de amoníaco, es un excelente portador de hidrógeno para transportarlo a largas distancias utilizando la infraestructura existente. Para recuperar, los procesos de craqueo de hidrógeno y amoníaco están en desarrollo

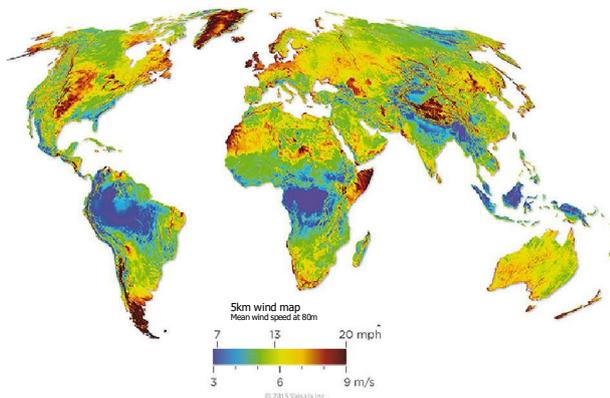
### 3. Vamos al Grano: viabilidad económica y motores

#### Producción de e-Fuels en las mejores condiciones locales.

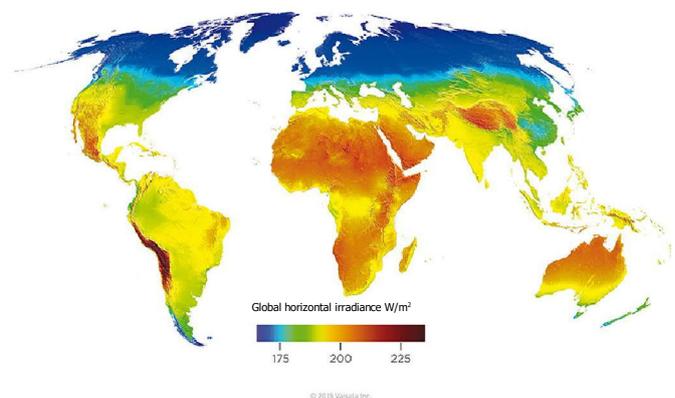
Con e-Hidrógeno posicionada para convertirse en un componente importante de un mundo descarbonizado, la demanda de hidrógeno ya está aumentando y se prevé un crecimiento mayor en el futuro. Los costos de producción de energía renovable han disminuido dramáticamente en la última década. Se pronostica que el costo nivelado de electricidad (LCoE) para la energía eólica terrestre será inferior a US \$ 20 / MWh en los Estados Unidos y México. Lo mismo se aplica a la energía solar en diferentes regiones.

---

**Hay muchas regiones en todo el mundo que se benefician de la generación de energía a partir de fuentes renovables.**



Mapa global del viento



Mapa solar global

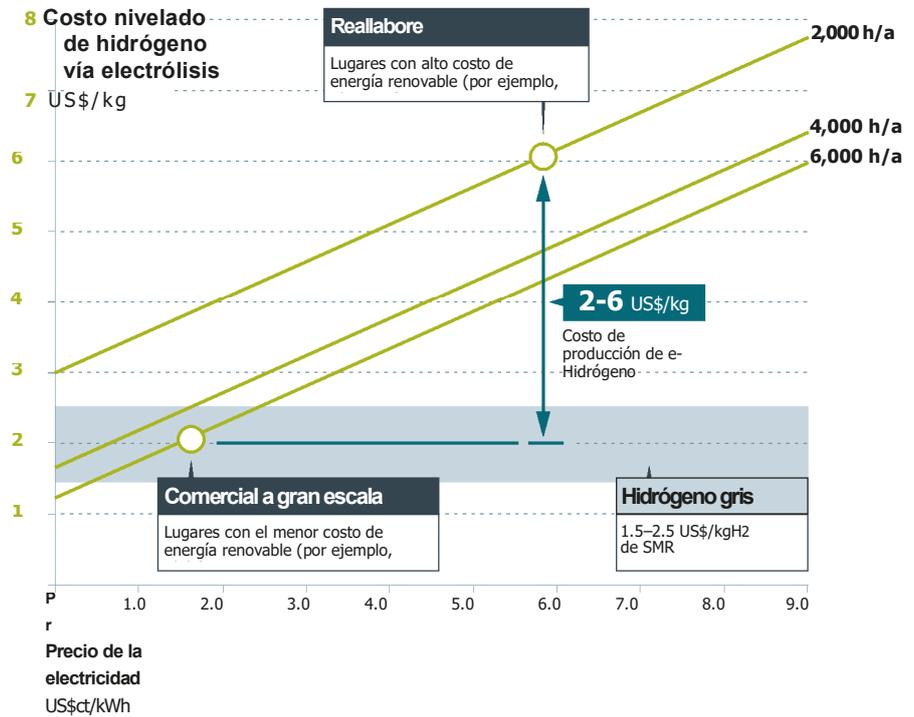
Gráficos de Tanja Siegel - independent-medien-design.de

---

Además del costo de generación de electricidad, el factor de capacidad (horas de carga completa) del electrólisis es el aspecto dominante para el costo de e-Hidrógeno, que define la eficiencia de capital del electrolizador y la planta de síntesis. Con una LCoE favorable de US \$ 20 / MWh y una disponibilidad de 6,000 horas de carga completa para algunos lugares, el e-Hidrógeno generado por la electrólisis ya puede competir con el hidrógeno del reformado de vapor-metano o el reformado auto térmico de gas natural.

## El hidrógeno de la electrólisis se vuelve competitivo

Energía renovable de alta disponibilidad y bajo costo ya genera e-Hidrógeno verde al costo del hidrógeno convencional a partir del reformado con metano a vapor (SMR).



Fuente: Siemens

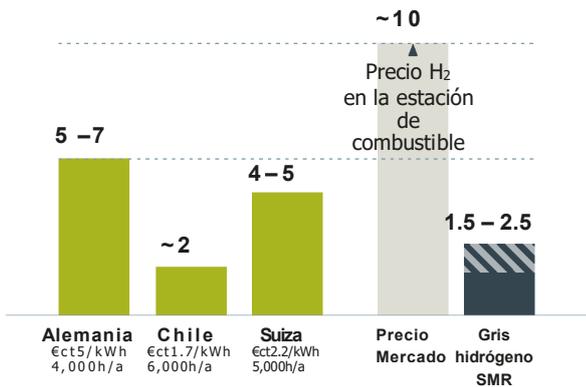
Impacto principal de WACC; electrolizador\_ CAPEX, OPEX, eficiencia del electrolizador, vida útil

El factor de capacidad de la electrólisis es tan importante como el costo nivelado de la electricidad porque define la eficiencia de capital de la planta de electrólisis. Teniendo en cuenta los precios actuales del hidrógeno en las estaciones de servicio, incluso en algunos países europeos, ej.; en Suiza, e-Hidrógeno sería un caso de negocios positivo.

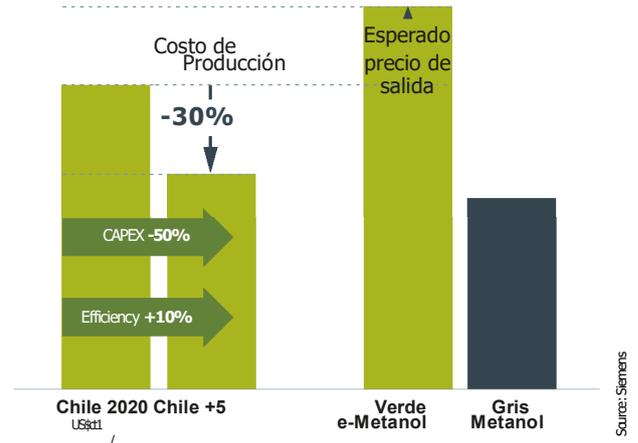
## Power-to-X se convertirá en un verdadero caso de negocios

Desde energía renovable de bajo costo hasta e-Fuels rentables: Power-to-X es económicamente viable si su beneficio ambiental cuenta.

**Hidrógeno verde** caso de negocio positivo: el costo de producción de hidrógeno depende del suministro de energía y el CAPEX del electrolizador



**e-Metanol** ser competitivo para los costos nivelados de bioetanol de e-Metanol de la electrólisis (US\$/t)



White paper | Power-to-X

El costo de inversión específico de la electrólisis se reducirá mediante el aumento de escala, la mejora del proceso de fabricación (automatización) o la sustitución de materiales de alto costo y el uso de diferentes tecnologías.

Hoy en día, los combustibles electrónicos son competitivos para las regiones con las mejores condiciones para las fuentes de energía renovables. Dado que los costos de e-Hidrógeno también afectan los costos de producción de e-Fuels, no es sorprendente que en esas regiones los precios de e-Fuels, en primer lugar, e-Metanol, estén por debajo de los niveles que se pueden lograr para otros combustibles verdes sostenibles en el sector del transporte hoy. El Bioetanol es el referente.

Otro factor que afecta la producción de e-Fuels basados en carbono es el costo de los suministros de CO<sub>2</sub>. Este último se puede capturar de fuentes puntuales existentes e inevitables, p. de la producción de cemento, plantas de energía de biomasa o (futuras) plantas de energía de gas natural relevantes para el sistema. El uso de la captura directa de aire (DAC) para recuperar CO<sub>2</sub> de la atmósfera también podría ser una opción en el futuro, especialmente para las regiones ricas en energía renovable, pero lejos de los sitios industriales.

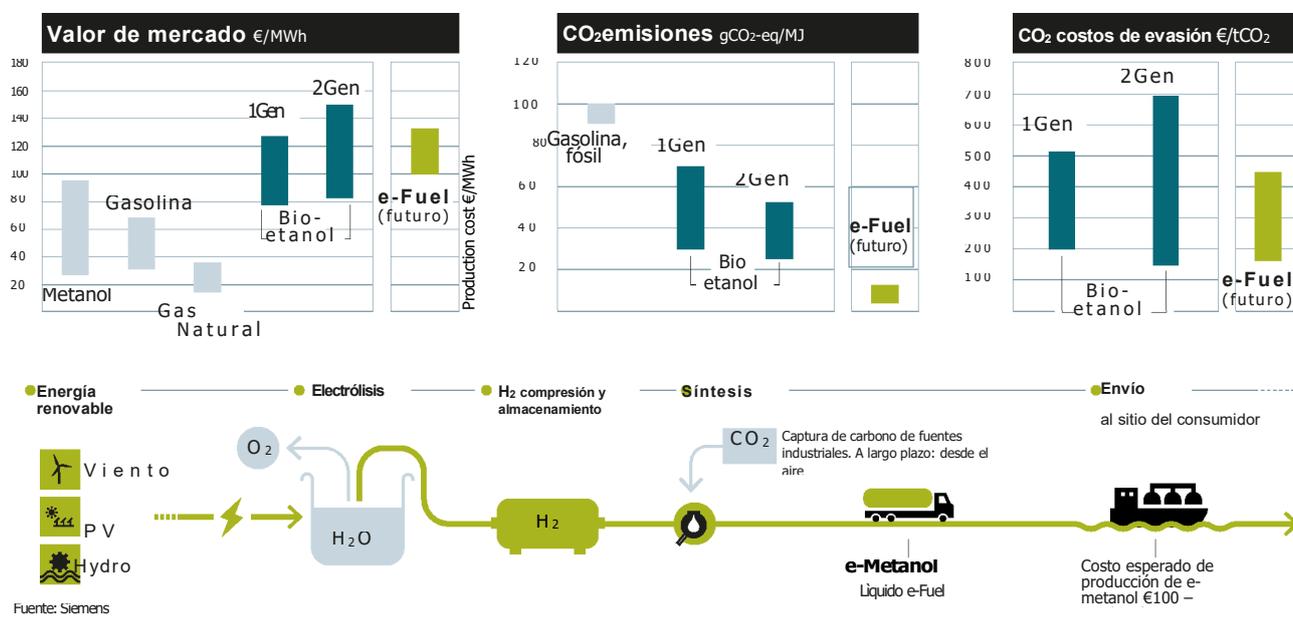
## Power-to-X puede contribuir al equilibrio de la red

La electrólisis podría actuar como una unidad de equilibrio de energía negativa rápida en caso de que la red se sobrecargue de fuentes de energía renovables (RES). Hoy en día ya existen grandes

sobrecapacidades de RES. Almacenar el excedente de energía eléctrica de esas fuentes en forma química puede volverse más lucrativo que reducir la capacidad de las energías renovables en los tiempos pico de producción. Se espera que el e-Hidrógeno y sus combustibles derivados de RES se conviertan en la columna vertebral de la generación de energía futura, en gran parte descarbonizada, porque la energía eléctrica almacenada químicamente es la única forma de superar la falta de fuentes renovables o los momentos en que hay poco o ningún viento o sol.

## Los combustibles electrónicos (e-Fuels) superan a los combustibles a base de biomasa

Los combustibles electrónicos tienen una huella de carbono que es aproximadamente un 90 por ciento más baja que la de los combustibles fósiles. En este contexto, los combustibles electrónicos como el e-Metanol tienen el potencial de superar a los biocombustibles en términos de costos de producción y costos de evitación de CO<sub>2</sub>. Sus beneficios generales en comparación con los combustibles y productos químicos a base de biomasa son numerosos: las emisiones globales de gases de efecto invernadero de los combustibles electrónicos son iguales o inferiores a las de los combustibles a base de biomasa, y lo mismo se aplica al uso de la tierra y las necesidades de agua. El conflicto entre los alimentos y el combustible no existe en los e-Fuels, y su disponibilidad global es potencialmente alta en muchas regiones del mundo.



## Viabilidad económica

Los combustibles basados en electricidad podrían ser rentables para los biocombustibles y podrían reducir los costos de mitigación de CO<sub>2</sub>.

## Todavía se necesitan incentivos regulatorios

Aunque los costos de inversión para Power-to-X disminuirán durante los próximos años según el desarrollo tecnológico, se necesita regulación y apoyo político para impulsar la introducción de e-Fuels.

De acuerdo con el marco regulatorio más reciente, la segunda Directiva Europea de Energía Renovable (RED II), que debe convertirse en leyes nacionales para junio de 2021, la proporción mínima de fuentes de energía renovables en combustibles tiene que crecer del 5% actual al 14%.

en 2030. Se espera que aproximadamente una cuarta parte provenga de la electrificación directa (electromovilidad). Los combustibles adicionales a base de biomasa solo se permitirán de fuentes no alimentarias relevantes (2da generación) y deben contribuir con un mínimo de 3.5%. Para alcanzar los objetivos europeos, los combustibles avanzados adicionales basados en energía eléctrica renovable deben aplicarse cada vez más hasta niveles de petajulios de tres dígitos. Para lograr esto, los combustibles electrónicos también deberán importarse desde fuera de Europa, lo que debe ser considerado por los organismos reguladores. El decreto alemán BImSchV38 ya implementó combustibles avanzados que se definen como combustibles producidos a partir de CO<sub>2</sub> capturado con la condición de utilizar energía renovable para su producción. Además de tomar CO<sub>2</sub> del aire o la conversión de biomasa, el CO<sub>2</sub> también puede obtenerse de emisiones inevitables de industrias y plantas de energía.

A partir de los diferentes casos de uso, como el uso directo de e-Hidrógeno para camiones o como sustituto de gas natural o e-Fuels para la aviación, Siemens espera un potencial de mercado en el rango de unos miles de millones de euros por año.

## 4. De la mano: soluciones proporcionadas por Siemens

Siemens es una de las principales compañías de tecnología y proveedores de soluciones integrales del mundo. Trabajando de la mano con sus clientes para desarrollar y proporcionar soluciones tecnológicamente maduras que presenten un caso de negocios, Siemens cuenta con una larga y exitosa experiencia en la construcción de plantas, así como en el desarrollo, producción, operación y servicio de diversos productos de generación de energía; lo mismo ocurre con la transmisión de energía, la ingeniería eléctrica, la tecnología de automatización, la comunicación y la tecnología automotriz, según su competencia y experiencia.

Los modelos y paquetes ofrecidos por Siemens siguen los pasos del proceso:

**Paquete de energía renovable:** ofrece un suministro de energía renovable, que incluye conexión a la red o como fuente de alimentación cautiva para la planta Power-to-X. Las turbinas eólicas en tierra y mar adentro, así como parques eólicos completos y soluciones de energía renovable se ofrecen junto con nuestro socio Siemens-Gamesa.

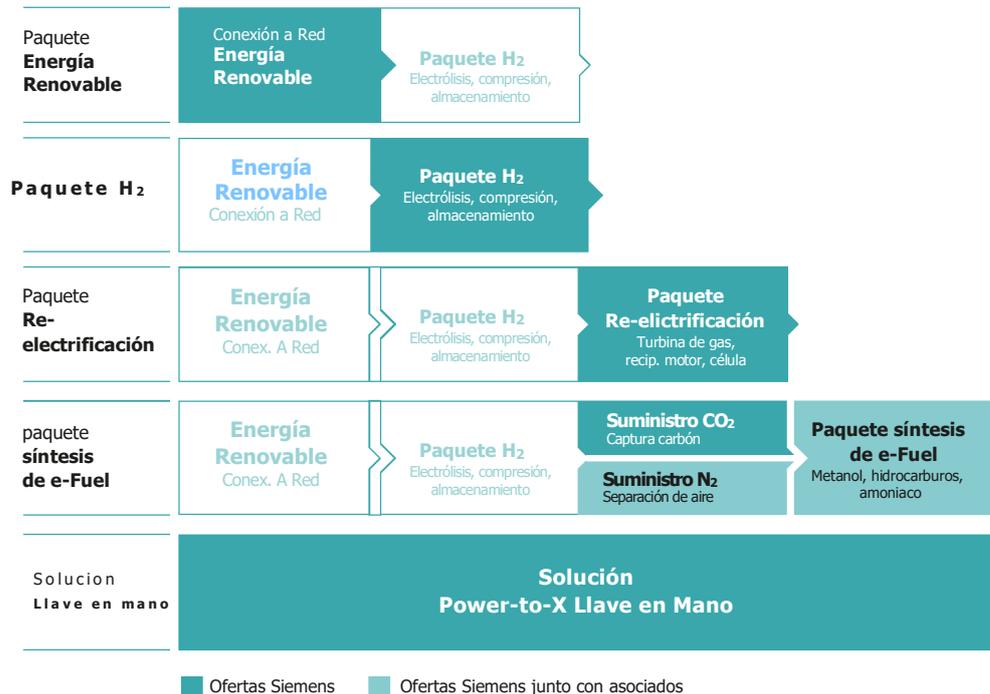
**Paquete H<sub>2</sub>:** ofrece electrolizador, compresión de hidrógeno y almacenamiento intermedio.

**Paquete de re-electrificación:** diseñado para las necesidades del cliente, este paquete ofrece almacenamiento de hidrógeno a largo plazo, una turbina de gas de hidrógeno, un motor alternativo, una pila de combustible o un sistema de almacenamiento de energía de batería.

**Paquete de síntesis de E-Fuel:** desarrollado y / o suministrado junto con socios, este paquete incluye una solución de captura de gases CO<sub>2</sub> de combustión con tecnología compresión y síntesis PostCap™ patentada de Siemens. Para la síntesis de metanol, Siemens está trabajando en un concepto flexible y eficiente en un proyecto conjunto de I+D.

**Paquete Power-to-X Llave en Mano:** la solución completa llave en mano para cualquiera de los paquetes o aplicaciones como se muestra en la figura 6 a continuación.

## Siemens ofrece un enfoque modular para plantas Power-to-X



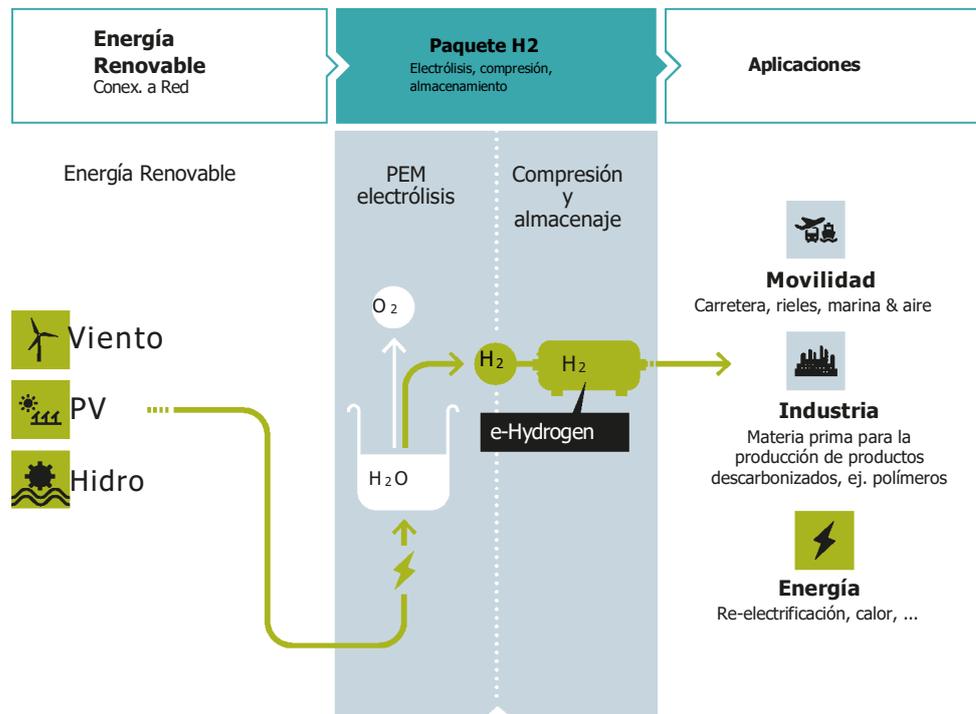
Source: Siemens

## Paquete de hidrógeno de Siemens

La planta de generación de hidrógeno de Siemens es una instalación que integra tecnologías clave para producir e-Hydrogen. Esta solución innovadora servirá, conectará, transformará y reducirá las emisiones de carbono en múltiples industrias. Es el módulo básico de las soluciones de la planta Power-to-X de Siemens.

## El Paquete H2 de Siemens

Hidrógeno presurizado y purificado de fuentes de energía renovables.



Source: Siemens

Siemens proporciona el EPC completo para este paquete, que comprende:

- Equipo eléctrico (transformador, aparamenta, rectificador, etc.),
- Tratamiento y desionización del agua según sea necesario,
- Electrolizador PEM y su conexión a la fuente de energía.
- Limpieza de e-Hydrogen, p. Ej. secado y desoxigenación (secador de-oxo) de acuerdo con las necesidades de las aplicaciones posteriores,
- Retención de gas, y
- Presurización de e-Hydrogen con reciprocantes o turbocompresores, dependiendo del nivel de presión final y el flujo másico.

Debido a su bajo peso molecular y sus características químicas, el manejo efectivo y seguro del hidrógeno necesita soluciones, productos y conocimientos específicos. Los gases que contienen hidrógeno requieren una limitación del límite elástico y la dureza de acuerdo con API 617. Por supuesto, esto es parte de los diseños de Siemens.

### Electrólisis

Para producir e-Hydrogen, Siemens ha desarrollado la familia de producto Silyzer: un innovador sistema de electrólisis basado en tecnología PEM. PEM toma su nombre de la membrana de intercambio de protones, que es permeable a los protones ( $H^+$ ) pero hermética a gases y electrones. En otras palabras, este tipo de membrana actúa como un aislador eléctrico entre el lado del ánodo y el cátodo, así como un separador físico, evitando que el hidrógeno y el oxígeno se mezclen. En comparación con la electrólisis alcalina, la tecnología PEM es ideal para trabajar con

fuentes de energía eólica y solar fluctuantes, ya que permite un modo de operación altamente dinámico y puede encenderse y apagarse rápidamente sin precalentamiento. Este método permite una eficiencia óptima a densidades en alta energía y buena calidad de producto de gas incluso a cargas parciales. La operación es de bajo mantenimiento y es confiable, ya que no requiere el uso de químicos o sustancias extrañas.

Ventajas de la tecnología PEM:

- Alta eficiencia a densidad de alta potencia,
- Alta calidad del gas producto, incluso a carga parcial,
- Bajo mantenimiento y operación confiable,
- Libre de sustancias peligrosas,
- Capacidad de arranque en frío (<10 segundos),
- Cambios rápidos de carga, dinámicas más altas,
- Alta estabilidad, baja degradación (sin solución cáustica de potasa como con el tipo alcalino, menos corrosión),
- Diseño compacto, huella pequeña,
- No entrega nada más que hidrógeno puro de la más alta calidad

Todos los aspectos de seguridad en la producción y manejo de hidrógeno se implementan a través de sistemas de detección y campanas permanentes.

Los paquetes de servicio se ofrecen de acuerdo con los requisitos individuales del cliente:

- Básico: soporte y solución de problemas a pedido,
- Avanzado: mantenimiento preventivo, servicio remoto, monitoreo de condición, línea directa 24/7 y más,
- Integrado: contratación de mantenimiento basada en el rendimiento.

Dado que la tecnología de electrólisis PEM y su representante más destacado, el Silyzer, es una tecnología relativamente joven, se esperan mejoras adicionales en la eficiencia y la reducción de los costos de inversión. Un fuerte aumento en las capacidades de producción en la próxima década también verá más avances y ahorros. Después de la introducción del Silyzer 300, el siguiente paso será un modelo PEM en el rango de más de 100 megavatios.

### **Silyzer 200**

El sistema básico consiste en un patín de 1,25 MWel con la tecnología de proceso necesaria. Se pueden combinar múltiples sistemas básicos en una red de electrólisis PEM en una clase de mayor rendimiento. El alcance incluye un sistema de enfriamiento opcional, sistema de tratamiento de agua, conexión a la red eléctrica y mucho más. La presión del producto de hidrógeno es de hasta 35 bar sin compresión en el último paso del producto.

### **Silyzer 300**

Esta última y más poderosa línea de productos en el rango de megavatios de dos dígitos permite el mejor escalamiento para minimizar los costos generales de inversión en plantas de electrólisis industrial a gran escala. Gracias a la alta eficiencia y disponibilidad de la planta, los resultados optimizados de la solución coinciden con costos de producción de hidrógeno muy bajos.

Indicadores adicionales: 17.5 MWel / 340 kg / hora por conjunto de módulos completos (24 módulos), 75 por ciento de eficiencia del sistema (HHV).

La electrólisis alcalina es una tecnología madura y probada en comparación con la innovadora tecnología PEM, que utiliza una solución alcalina de NaOH en lugar de solo agua purificada. Esta tecnología es menos flexible para hacer frente a la intermitencia de energía renovable, pero ofrece bajo costo y alta eficiencia, si se opera bajo operación de carga base.

### Compresión y Almacenaje

Los compresores son un componente vital de la mayoría de las plantas de Power-to-X:

- Potencia a hidrógeno: los compresores comprimen hidrógeno para almacenarlo o repostar a presiones de hasta 700 bars.
- Potencia a combustibles: los compresores comprimen hidrógeno o la mezcla de hidrógeno y CO<sub>2</sub> a aproximadamente 70 bars para la posterior síntesis de metanol.
- Potencia a amoníaco: los compresores comprimen el hidrógeno o la mezcla de hidrógeno y nitrógeno a aproximadamente 300 bars para la posterior síntesis de amoníaco.

Para todos estos casos, Siemens ofrece un amplio espectro de compresores diseñados para adaptarse a las especificaciones del cliente. Las soluciones de compresión se pueden suministrar en una variedad de configuraciones, desde barriles de un eje hasta compresores alternativos. Siemens tiene una larga experiencia con compresores para gases que contienen hidrógeno, como gases de síntesis para producir amoníaco, hidrocarburos y metanol, así como gases ricos en hidrógeno. Las turbinas de vapor, motores o motores eléctricos se utilizan como transmisores.

### Referencias en Soluciones de Hidrógeno

El Energiepark Mainz fue la instalación de electrólisis PEM más grande del mundo en 2015 basada en tres sistemas Silyzer 200. Utiliza el excedente de electricidad de fuentes renovables (viento) para descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno, que, por un lado, se inyecta en la red de gas local y, por otro lado, se almacena y luego se llena en remolques y se entrega a las industrias locales y soluciones de movilidad. Siemens entregó todo el sistema de electrólisis, incluida la conexión a la red y el sistema de control basado en Simatic PCS7. El rendimiento máximo es de 6 megavatios.

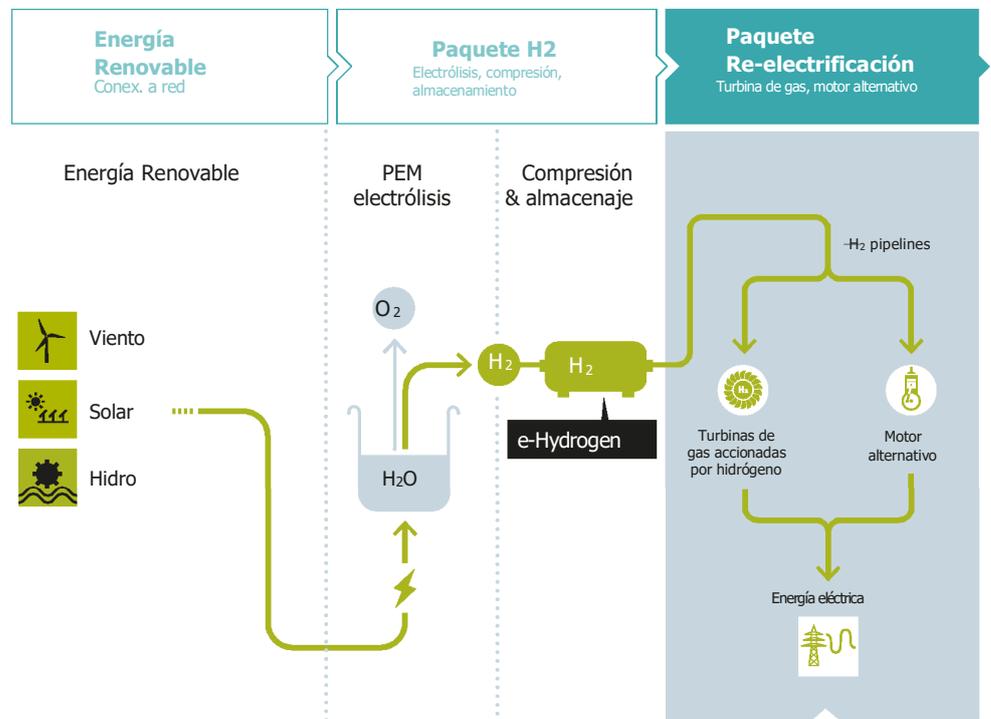
El proyecto emblemático de la UE "H2FUTURE - hidrógeno que satisface las necesidades futuras de las cadenas de valor de fabricación bajas en carbono" reúne a proveedores de energía, la industria del acero, proveedores de tecnología y socios de investigación, todos trabajando conjuntamente en el futuro de la energía. Con una capacidad de 6 megavatios y una producción de 1.200 metros cúbicos de hidrógeno verde por hora, H2FUTURE es actualmente la instalación piloto de hidrógeno más grande y avanzada del mundo que utiliza la tecnología de electrólisis PEM para producir hidrógeno verde a partir de electricidad renovable. La planta de electrolizadores PEM está programada para estar completamente operativa en 2019. Bajo la coordinación de la empresa de servicios públicos austríaca VERBUND y con la tecnología PEM desarrollada y proporcionada por Siemens, Alemania, el electrolizador se está construyendo y se operará en el sitio de producción de acero más grande del Grupo Voestalpine en Linz, Austria. En pocas palabras, el objetivo fundamental de H2FUTURE es demostrar que un electrolizador PEM integrado industrialmente puede producir hidrógeno verde y suministrar servicios de red al mismo tiempo.

### Paquete de reelectrificación de Siemens (soluciones de turbinas de gas H<sub>2</sub>)

Aunque el hidrógeno se considera una de las tecnologías más prometedoras en la integración a gran escala de las energías renovables, actualmente solo se utiliza un pequeño porcentaje de hidrógeno en el sector energético. Sin embargo, cuanto más electricidad se genere a partir de fuentes renovables fluctuantes, como el sol y el viento, y cuanto menos se depende de las empresas de servicios de energía convencionales, más urgente es la necesidad de cambiar los sistemas de energía. Después de todo, la energía también debe estar disponible cuando el sol y el viento son escasos. Esto requiere almacenar energía, incluso durante largos períodos de tiempo. E-Hydrogen desempeña un papel clave a este respecto, como fuente de energía y como medio de almacenamiento. La infraestructura adecuada para el almacenamiento a gran escala incluye redes de gas, que tienen un enorme potencial de almacenamiento. La reelectrificación del e-Hidrógeno almacenado ofrece la ventaja de utilizar energía eléctrica renovable descarbonizada siempre que sea necesario.

## El paquete de reelectrificación de Siemens

Larga experiencia con hidrógeno en combustibles de turbinas de gas.



Source: Siemens

La fuente primaria es e-Hydrogen generado en el paquete Siemens H<sub>2</sub>, incluido el almacenamiento. La reelectrificación del e-Hidrógeno se realiza ya sea mediante combustión, preferiblemente en una turbina de gas adaptada en modo de ciclo único o combinado, mediante un motor alternativo o mediante celdas de combustible para generar energía eléctrica. Esta disposición también se puede combinar y/o ampliar con el almacenamiento de energía de la batería (BES) en una unidad de generación híbrida para aumentar aún más la flexibilidad.

Siemens proporciona todo el EPC para este paquete, incluyendo:

- Sistema de combustible (incluido. Mezcla de otros combustibles fósiles o vapor, si es necesario),
- Turbina de gas
- Motor alternativo,
- Célula de combustible (suministrada por el socio),
- BES en caso de un sistema híbrido, y
- Conexión a la red

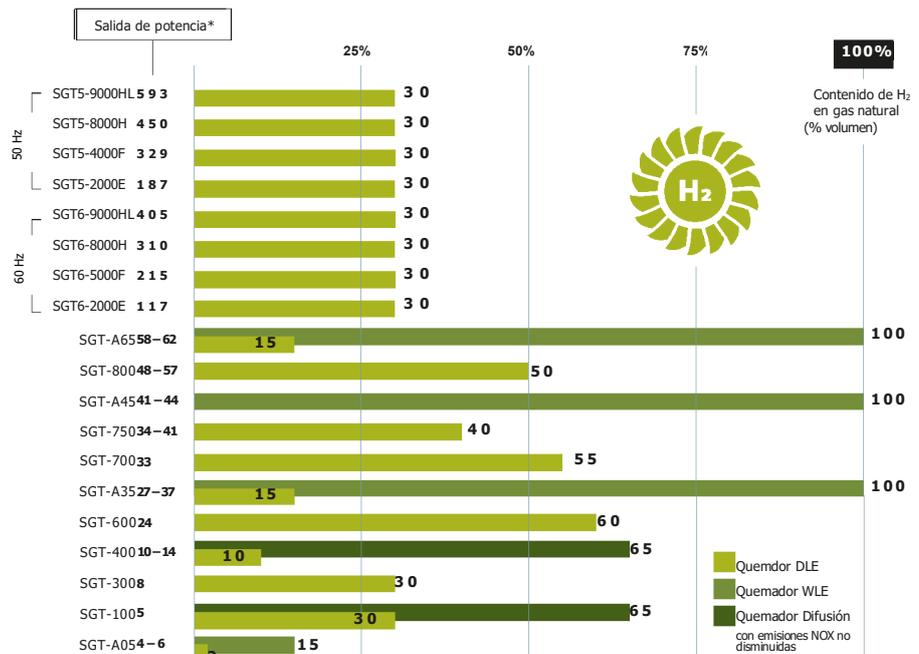
### Turbinas a Gas

Las turbinas de gas constituyen un componente central de la historia de Siemens. En 1949, Siemens comenzó su primer motor, el VM1. En base a estos 70 años de experiencia en el diseño y fabricación de turbinas de gas, Siemens ofrece hoy una amplia cartera de productos que pueden funcionar con una mezcla de hidrógeno y gas natural o con hidrógeno puro.

Las unidades de generación de energía de turbinas de gas que funcionan con gas natural ya cuentan con un nivel de eficiencia mucho más alto y menores emisiones de CO<sub>2</sub> que las plantas a carbón. Al mezclar e-Hydrogen con gas natural o incluso sustituirlo por completo, estas emisiones de CO<sub>2</sub> pueden reducirse aún más hasta que, en última instancia, lleguen a cero. Las turbinas de gas de Siemens ya son H<sub>2</sub>-capaces en gran medida. El desarrollo continuo y las opciones para las

## Misión 100% hidrógeno

Turbinas de gas  
Siemens  
Capacidades H<sub>2</sub>



\*MW, ISO, carga base, gas natural versión 2.0, marzo 2019

Fuente: Siemens

actualizaciones los prepararán para H<sub>2</sub> de acuerdo a su disponibilidad de forma sostenible.

### Motores alternativos / células de combustible

Además de la instalación de una turbina de gas para reelectrificación a gran escala, e-Hydrogen también se puede utilizar para motores de gas (en el lado térmico) o celdas de combustible (en el lado químico). Los productos disponibles son de sucursales de Siemens o suministrados por nuestros socios de soluciones. Siemens ofrece estos productos completamente diseñados y optimizados para el caso de uso específico.

### Referencias para Paquetes de Reelectrificación

En julio de 2019, Siemens, el Estado Libre de Sajonia y Fraunhofer-Gesellschaft firmaron un memorando de entendimiento para el establecimiento de un campus de innovación y un acelerador de arranque en el sitio de la planta de Siemens en Görlitz, Alemania. Una parte integral del campus es un laboratorio de investigación de hidrógeno para estudiar la producción, almacenamiento y uso de hidrógeno. Además del campus de innovación, Siemens ampliará aún más sus actividades de investigación y desarrollo en Görlitz en el área de procesos industriales descarbonizados. Los investigadores de Siemens explorarán cómo las tecnologías de hidrógeno pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en las industrias intensivas en energía y desarrollar nuevas soluciones amigables con el clima, como las tecnologías de almacenamiento.

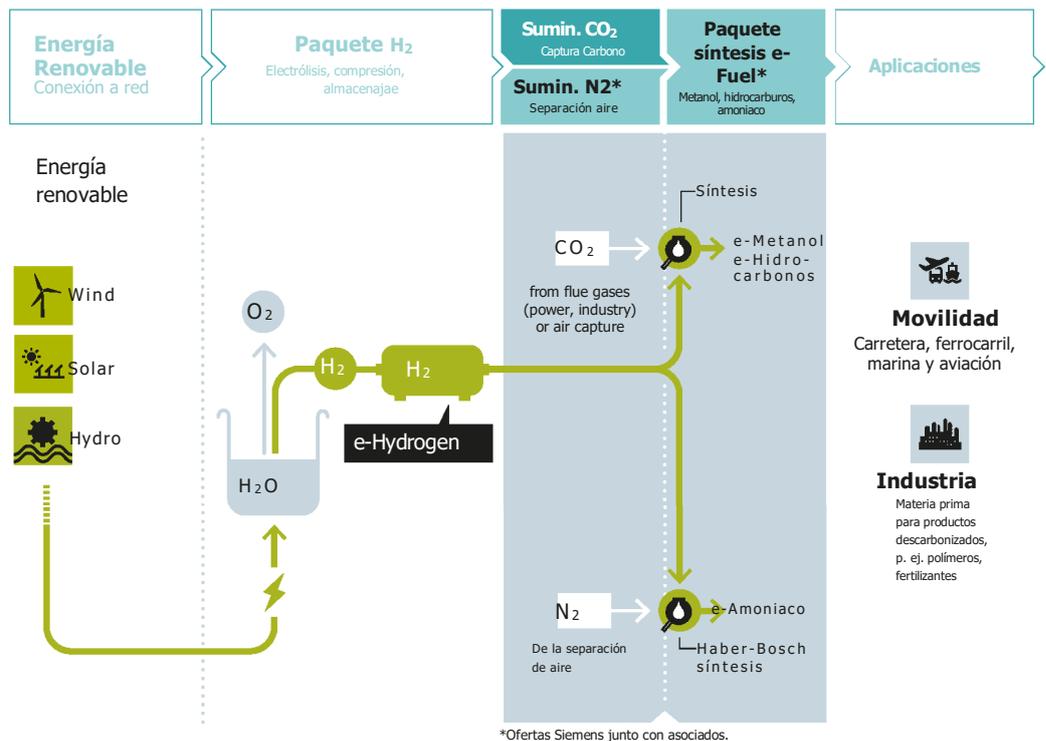
## Paquete de e-Fuel de Siemens

Otra forma en que e-Hydrogen puede contribuir a la descarbonización es a través de la síntesis de e-Fuels a base de carbono a partir de e-Hydrogen. De esta manera, incluso los sectores con altos requisitos de combustible, como las industrias de aviación y transporte marítimo, podrían descarbonizarse en gran medida. Un caso de uso prominente es el e-Metanol para el transporte. Otras aplicaciones incluyen el e-Metano o el e-Amónico.

La fuente primaria es el e-hidrógeno generado en el paquete Siemens H<sub>2</sub>. El hidrógeno se procesa luego mediante, por ejemplo, la síntesis de metanol o el proceso Fischer-Tropsch. El CO<sub>2</sub> se puede obtener de emisiones inevitables, por ejemplo, de la producción de cemento, vidrio o acero. Alternativamente, el CO<sub>2</sub>

### El paquete e-fuel de Siemens

Todas las opciones de combustibles sintéticos.



también podría extraerse prospectivamente de la atmósfera (captura directa de aire - DAC).

Para e-Ammonia, el sistema incluye el suministro de nitrógeno, por ejemplo, por una unidad de separación de aire criogénica.

Siemens junto con sus socios proporciona el EPC completo para este paquete, que comprende:

Captura de carbono PostCap™ patentada por Siemens, diseñada y optimizada para el caso de uso; oxicorte y captura directa de aire con socios;

Procesos de síntesis con socios: directamente desde CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> sin la necesidad de revertir el cambio de agua-gas.

### Captura CO<sub>2</sub>

Se espera que la captura de carbono desempeñe un papel vital en Power-to-X para producir combustibles verdes a partir de la electrólisis. Para reducir la huella de los combustibles electrónicos en comparación con los combustibles fósiles, el origen del CO<sub>2</sub> juega un papel decisivo. En general, tres categorías de orígenes contribuyen a reducir la huella de carbono del combustible:

- CO<sub>2</sub> de fuentes biogénicas, como la biomasa,
- CO<sub>2</sub> de emisiones inevitables, principalmente emisiones industriales como de plantas de cemento,
- CO<sub>2</sub> desde la atmósfera a través de la captura directa de aire (ver abajo).

Siemens ha desarrollado un proceso para la absorción de CO<sub>2</sub> después de la combustión de los gases de combustión de la central eléctrica (PostCap™) utilizando una sal de aminoácidos. La tecnología puede eliminar hasta el 90% del CO<sub>2</sub> del gas de combustión.

Alternativamente, el dióxido de carbono se puede producir mediante la combustión en calderas de oxicorte con hidrocarburos de diversas fuentes.

Captura directa de aire (DAC): la atmósfera contiene solo una concentración muy baja de alrededor de 450 ppm de CO<sub>2</sub>, pero el aumento de esta concentración se considera el desencadenante del calentamiento global. Actualmente, se están poniendo a prueba algunos desarrollos tecnológicos para extraer CO<sub>2</sub> de la atmósfera a través de la adsorción, aunque los costos siguen siendo significativamente más altos que con otras alternativas.

### Síntesis de metanol

Para plantas comerciales, Siemens está colaborando con empresas con mucha experiencia en la síntesis de metanol basada en CO<sub>2</sub> / H<sub>2</sub> utilizando conceptos de reactores establecidos. Junto con un cliente, Siemens ya está desarrollando una planta de energía a metanol a gran escala en América del Sur. Proyectada en diferentes etapas, la planta integrará nuevos conceptos para establecer un suministro de CO<sub>2</sub> y tiene una escala específica de más de 1 GWel.

Actualmente se está desarrollando una nueva síntesis de metanol en la ciudad de Hassfurt, Alemania. La planta piloto de e-Fuel está programada para abrir en 2021. Para alcanzar este objetivo, la empresa de servicios públicos Stadtwerk Hassfurt está colaborando con Siemens, MAN, la Universidad Técnica de Múnich y la Universidad de Erlangen-Nuremberg. El objetivo es convertir partes del e-hidrógeno ya producido en e-metanol utilizando un nuevo proceso de síntesis. El corazón técnico del sistema es un electrolizador de 1,25 megavatios de Siemens. El proyecto, llamado E2Fuels, está financiado por el Ministerio alemán de Asuntos Económicos y Energía. Varios otros proyectos también están en desarrollo.

### Síntesis de Amoniaco

La síntesis de amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno aplicando el proceso Haber-Bosch ha estado bien establecida durante décadas. Aquí, Siemens se asociaría con un proveedor experimentado en el marco de la entrega de EPC. Esto también incluye el suministro de nitrógeno.

En el contexto de un proyecto de I + D con la academia británica, Siemens adquirió experiencia en investigación, instalación y operación de una planta pequeña, pero completamente completa de Energía para Amoniaco, incluida la reelectrificación en un motor de encendido por chispa alternativo.

## I&C, Soluciones Digitales

La digitalización, actualmente uno de los temas más importantes en la industria energética en general, es un componente importante para la realización de Power-to-X a lo largo de toda la cadena de valor. Por un lado, las inversiones digitales se desencadenan por los requisitos del mercado, como la creciente participación de las energías renovables en la red eléctrica. Por otro lado, las nuevas soluciones técnicas para equipos de centrales eléctricas también impulsan la digitalización. Es una característica integrada que conecta todos los procesos y productos para completar la cadena de valor de extremo a extremo para el cliente.

Siemens es un líder mundial del mercado para la automatización de centrales eléctricas, así como para la automatización industrial y de fábrica. Hay varios sistemas disponibles para controlar los procesos de manera óptima, entre ellos la cartera de productos SIMATIC, los productos SPPA o SICAM. Dado que la electrólisis y, más en general, el poder a gas y el poder a líquidos están relacionados con procesos químicos, Siemens ya ha implementado un sistema de control de proceso probado. Las experiencias obtenidas de plantas piloto y de demostración más pequeñas se pueden traducir de manera óptima a

plantas comerciales mejoradas. Esto ya se ha hecho para los productos Silyzer y la planta de energía eléctrica a metano de 6 megavatios en Werlte, Alemania, que produce e-metano para automóviles a gas. Además del diagnóstico, el sistema de automatización de acceso remoto se utiliza para optimizar el concepto general. Los enfoques futuros de la digitalización pueden respaldar esto en el contexto de las fuentes de energía renovables disponibles y los diferentes productos.

Siemens ya ha implementado controles predictivos en aplicaciones comparables. Al combinar la información del pronóstico del tiempo con la información óptica de la próxima cobertura de la nube, se ha hecho posible un pronóstico detallado para la generación de energía fotovoltaica. Esta combinación de información es clave para optimizar el rendimiento de un proceso general de Power-to-X. El uso del modelado digital tanto en el diseño como en la fase de ingeniería (conocido como el gemelo digital) permite una optimización en el mundo digital antes de instalar cualquier cosa en terreno.

## 5. El Poder del Ahora: La Economía del Hidrógeno empieza Hoy

La descarbonización mundial de los sistemas energéticos en general se necesita con urgencia para mitigar el calentamiento global. La energía de las energías renovables se convertirá en la columna vertebral de un suministro de energía verde a través del acoplamiento del sector. Las diferentes vías de Power-to-X permitirán este desarrollo que puede comenzar de inmediato ya que la infraestructura para el transporte, distribución y uso final de e-Fuels ya existe en principio.

La perspectiva es aún más brillante. Gracias a Power-to-X, la movilidad en gran medida neutral en carbono o incluso libre de carbono basada en e-Fuels y / o e-Hydrogen será la norma, no la excepción.

Las obligaciones de aplicar cada vez más e-Fuels en el sector de la movilidad, como los que ya se implementaron para los combustibles a base de biomasa, junto con otras medidas, como el aumento de las penalizaciones por las emisiones de CO<sub>2</sub>, promoverían la introducción de Power-to-X. Y en comparación con otros portadores de energía sostenibles, en su mayoría combustibles a base de biomasa, los e-Fuels ya son competitivos.

Siemens empuja Power-to-X con sus diferentes variantes. Para Power-to-Heat, se ha desarrollado una bomba de calor de alta temperatura. Siemens está profundamente comprometido con la promoción y el desarrollo de proyectos y tecnologías para la producción de e-Hydrogen y productos posteriores. Con su cartera Silyzer, Siemens lidera la electrólisis del agua basada en PEM, lo que permite una operación de carga altamente flexible y, por lo tanto, está predestinada para su combinación con fuentes de energía renovables volátiles.

Los generadores eólicos, las soluciones de compresores, la captura de carbono después de la combustión, las turbinas de gas para la reelectrificación de e-Hydrogen son parte de la cartera, así como las soluciones comerciales generales para realizar plantas Power-to-X de pequeña a gran escala.

¡De la mano de nuestros clientes, Siemens está listo para comenzar!

## Impresión

[www.siemens.com/power-to-x](http://www.siemens.com/power-to-x)

### Editor:

Siemens AG  
Freyeslebenstrasse 1  
91058 Erlangen, Alemania

Siemens Corporation 4400  
N Alafaya Trail Orlando, FL  
32826, USA

### Para mayor información favor contactarse con:

[support.energy@siemens.com](mailto:support.energy@siemens.com)

### Editoras (Siemens AG):

Heike Graf, Konstanze Lucya

### Autoras/Autores (Siemens AG):

Volkmar Pflug, Erik Zindel, Gerhard Zimmermann, Omar Rubio Olvera, Ireneusz Pyc, Christian Trulley

### Edición supervisora:

Primafila AG, Zúrich, Suiza

### Gráficos:

independent Medien-Design, Múnich, Alemania

### Diseño:

Rainer Schubert, Fürth, Alemania

## Renuncia

Este documento contiene declaraciones relacionadas al desempeño comercial y financiero futuro y eventos o desarrollos futuros que involucren a Siemens que puedan constituir declaraciones prospectivas. Estas declaraciones pueden identificarse con palabras como "esperar", "esperar", "anticipar", "pretender", "planificar", "creer", "buscar", "estimar", "voluntad", "proyecto" o palabras de significado similar. También podemos hacer declaraciones a futuro en otros informes, en presentaciones, en material entregado a los accionistas y en comunicados de prensa. Además, nuestros representantes pueden ocasionalmente hacer declaraciones orales a futuro. Estas se basan en las expectativas actuales y ciertos supuestos de la gestión de Siemens, de los cuales muchos están fuera del control de Siemens. Estos están sujetos a una serie de riesgos, incertidumbres y factores, incluidos, entre otros, los descritos en las divulgaciones, en particular en el capítulo Riesgos en el Informe anual de Siemens. En caso de que uno o más de estos riesgos o incertidumbres se materialicen, o no se produzcan las expectativas subyacentes o las suposiciones resulten incorrectas, los resultados reales, el rendimiento o los logros de Siemens pueden (negativa o positivamente) variar materialmente de los descritos explícita o implícitamente en la perspectiva prospectiva relevante. Siemens no tiene la intención ni asume ninguna obligación de actualizar o revisar estas declaraciones prospectivas a la luz de los desarrollos que difieren de los anticipados.

Las marcas comerciales mencionadas en este documento son propiedad de Siemens AG, sus filiales o sus respectivos propietarios.