

# DESCARBONIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LA ENERGÍA

Mailin Nava

<https://orcid.org/0000--0002-6985-3103>

## RESUMEN

El ecosistema energético a nivel global está sufriendo cambios acelerados nunca antes vistos impulsados por los avances en la tecnología, la creciente preocupación por el medio ambiente, el cambio en el comportamiento de los consumidores, las nuevas políticas, cambios en el precio de combustibles tradicionales y su disponibilidad, así como por las limitaciones de los recursos. La descarbonización se logra no sólo mediante el uso de fuentes de energía renovables sino a través de tecnologías de captura y almacenamiento del propio CO<sub>2</sub>. A medida que sectores como el transporte y la industria se vayan electrificando, la demanda de electricidad se incrementará en todo el mundo, gran parte de esta electricidad provendrá de fuentes renovables, se utilizará el hidrógeno tanto para almacenamiento como fuente confiable más limpia de generación de energía para complemento de las intermitentes eólica y la fotovoltaica. El hidrógeno ofrece el potencial de reconvertir las centrales eléctricas de gas natural en activos con cero emisiones de CO<sub>2</sub>. Los combustibles sintéticos, el hidrógeno, el amoníaco, son los nuevos productos básicos que se comercializarán a nivel mundial. Puede ser lograda la solución más competitiva en términos de suministro de energía renovable o de almacenamiento de carbono con modelos escalables, al final ambas soluciones coexistirán. Las grandes empresas tradicionales de petróleo y gas para afrontar éstos factores deben transformarse e incluir la producción de energía en sus portafolios. Los participantes tradicionales de la industria de la energía eléctrica reconocen el cambio trascendente que ocurre y están buscando soluciones y aliados en la industria 4.0 de las tecnologías exponenciales, sacando provecho a la transformación digital de sus operaciones, nuevas políticas exigen la ruptura de paradigmas que llevan hacia otros modelos de negocio que desafían las fuentes tradicionales de ingresos y crean nuevas oportunidades de crecimiento en armonía con el desarrollo sostenible y la agenda 2030. Se ha formulado esta investigación de tipo documental a través del ensayo analítico, para el análisis de los desafíos y oportunidades que se presentan en el corto y mediano plazo en cuanto a la descarbonización, electrificación y digitalización de la energía.

**PALABRAS CLAVES:** Descarbonización, Electrificación, Fuentes renovables, Industria 4.0, Hidrógeno Azul.

## **INTRODUCCIÓN**

El ecosistema energético a nivel global está sufriendo cambios acelerados nunca antes vistos impulsados por los avances en la tecnología, la creciente preocupación por el medio ambiente, el cambio en el comportamiento de los consumidores, las nuevas políticas, cambios en el precio de combustibles tradicionales y su disponibilidad, así como por las limitaciones de los recursos. Se ha aumentado la evidencia científica que el cambio climático global está siendo causado por fuentes de CO<sub>2</sub> que han sido originadas por el hombre sobre la atmósfera. Las mayores fuentes de CO<sub>2</sub> atmosférico originadas por el hombre son la electricidad y la generación de calor (42 %), el transporte (23 %) y la Industria (19 %).

Una evidencia fáctica de lo anterior lo constituye el evento disruptivo de la pandemia generada por el COVID-19, donde puede observarse el impacto sobre el asociado con la minimización de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, así como la afectación a la biodiversidad (animales y plantas), producto de la disminución de las operaciones de los sectores industriales que utilizan combustibles fósiles como fuente de energía.

Con base a lo anterior se presentan grandes desafíos ya que en la actualidad los combustibles fósiles se emplean mayoritariamente para la generación mundial de electricidad, algunas redes instaladas necesitan adaptarse a la penetración de las energías renovables, con el agravante que las políticas no han seguido el ritmo de los avances tecnológicos.

En contraste existen grandes oportunidades debido al amplio consenso multinacional para frenar las emisiones de CO<sub>2</sub>, menores costos para las tecnologías renovables, y una amplia diversidad de combustibles tendentes a garantizar la seguridad energética mundial. La descarbonización se logra no sólo mediante el uso de fuentes de energía renovables, sino a través de tecnologías de captura y almacenamiento del propio CO<sub>2</sub>.

## **EI PROGRESO MULTINACIONAL HACIA LA DESCARBONIZACIÓN**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) celebra anualmente una Conferencia de las Partes (COP) a la que asisten

alrededor de 200 países, la mayor iniciativa mundial para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y frenar el calentamiento global. De acuerdo al portal wide world web de las naciones unidas en el año 2015, 196 países firmaron el acuerdo COP21 en la ciudad de París, para limitar el impacto del cambio climático a menos de 2 °C por encima de los niveles preindustriales mediante la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de todas las fuentes, un acuerdo histórico para combatir el cambio climático e impulsar medidas e inversiones para un futuro bajo en emisiones de carbono, resiliente y sostenible.

Otra cumbre importante y diferenciadora fue la COP24 en el año 2018 (Katowice, Polonia), donde se puso de manifiesto la capacidad de la comunidad internacional para alcanzar pactos y alianzas. Entre los logros más destacados se encuentran: El acuerdo para el establecimiento de una parte importante del Libro de Reglas, el marco técnico para poner en marcha el acuerdo de París, se estableció como año el 2019 para los mecanismos de cooperación, el instrumento creado para ayudar a los países a cumplir los objetivos climáticos, la aprobación de medidas para mejorar la información y las actuaciones de adaptación al cambio climático, la creación de un Comité de Cumplimiento del Acuerdo de París, la aprobación de tres importantes declaraciones sobre transición justa, movilidad eléctrica y bosques.

En el 2019 la descarbonización llegó a la cima de las discusiones entre los líderes mundiales en la cumbre del G20 en Japón. Este acontecimiento fue respaldado por un amplio informe de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) que declaró un "impulso sin precedentes", ya que el hidrógeno era "cada vez más un elemento básico de las principales conversaciones sobre energía en casi todas las regiones. En total, a mediados de 2019 había más de 50 políticas de apoyo a la inversión en hidrógeno en todo el mundo. Entre ellas figuraban las iniciativas en curso en 11 países del G-20 y la UE, además del estado de California en los Estados Unidos.

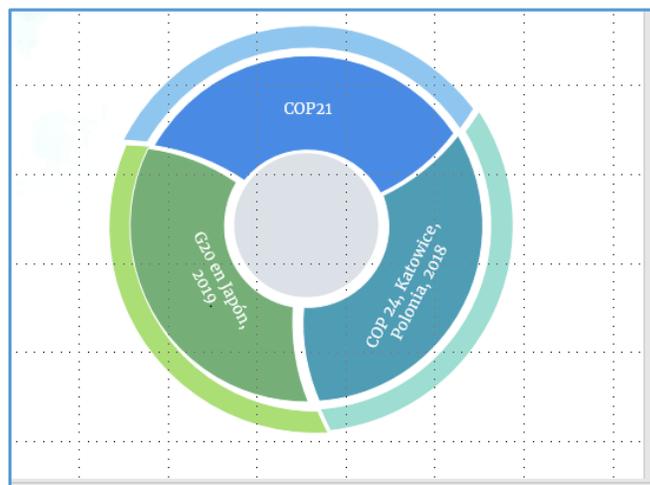
Según la información contenida en el portal Wide World Web AIE, El impulso generado en 2019 ha continuado hasta 2020, en enero la canciller alemana Angela Merkel destacó la importancia del hidrógeno para descarbonizar el sector siderúrgico de su país y el Reino Unido inició su primer ensayo de inyección de hidrógeno en su red de gas para calefacción doméstica.

Los métodos para lograr una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la industria de la energía incluyen el despliegue de fuentes renovables como la eólica y la solar, el retiro

de las plantas de carbón y/o sustitución del carbón por gas natural como fuente de combustible, y la mejora de la eficiencia de la generación con combustible fósil existente.

Los efectos de estas nuevas o cambiantes fuentes de combustibles tienen implicaciones en todo el ecosistema de la energía, incluida la nueva infraestructura de la red para dar cabida a las energías renovables, y las mejoras en la infraestructura de transporte de gas natural.

El progreso Multinacional hacia la Descarbonización



Nava (2020). Elaboración propia

## ELECTRIFICACIÓN DE LAS COSAS

El sector eléctrico está experimentando una revolución que está transformando una industria bien definida y establecida. Los consumidores tendrán un mayor acceso a las “cosas” (automóviles, aviones, aparatos, procesos industriales) que cuando se alimentan con energía eléctrica pueden ser más eficientes. El mayor consumidor de energía basada en combustibles es el sector del transporte. Con los costos de combustible para el transporte ferroviario en \$11 mil millones de dólares y las líneas aéreas que gastan más del 40 % de sus costos en combustible, las empresas tienen enormes incentivos para el cambio hacia sistemas electrificados. También se espera que los vehículos eléctricos aumenten más de cuatro veces hacia el año 2025.

Los ambientes hostiles y el difícil acceso al combustible también están impulsando la electrificación en sectores industriales como la minería, los productos químicos, la exploración de petróleo y gas. La descarbonización y la disminución de los costos en

tecnología seguirán impulsando el cambio del consumo en el punto de uso de combustible a electricidad. A medida que el ecosistema de la energía sigue evolucionando, los consumidores y las industrias de todos los niveles buscan oportunidades tecnológicas y nuevos modelos de negocios en este panorama nuevo y siempre cambiante, y las “cosas” electrificadas desempeñarán un papel cada vez más importante en el futuro del ecosistema energético.

Como desafíos se encuentran los siguientes: Inadecuada infraestructura de soporte y arquitectura de las redes, incertidumbre en la regulación, la capacidad de recarga de activos móviles es un reto clave para la adopción el aumento de la complejidad de la planificación de los servicios públicos

Dentro de los nichos de Oportunidades pueden identificarse: Demanda de una mayor generación y distribución de electricidad, crecimiento de la generación, crecimiento de la demanda de energía mecánica accionada por electricidad, nuevos mercados para dispositivos y soluciones “eléctricas”, nuevas fuentes de energía limpia.

## **SIMBIOSIS ENERGIA HIDRÓGENO**

Está emergiendo una relación simbiótica entre el hidrógeno y las energías renovables. A medida que las turbinas eólicas y los paneles solares fotovoltaicos se abaratan también baja el costo de producir hidrógeno verde mediante electrolisis verde a partir de las renovables intermitentes. Al mismo tiempo, la AIE señala que a medida que las energías renovables empiezan a contabilizar una alta proporción de la mezcla de energía, su variabilidad plantea un nuevo reto. Este significa la necesidad de almacenamiento de energía a gran escala para suavizar las diferencias entre la oferta y la demanda se hace más apremiante.

Es evidente que nivel de los encargados de la formulación de políticas se comprende bien que el hidrógeno como combustible limpio puede desempeñar dos funciones clave en la campaña mundial para alcanzar las emisiones netas cero CO<sub>2</sub> para el año 2050:

- Permitir un mayor uso de la electricidad renovable.
- Descarbonizar los sectores intensivos en CO<sub>2</sub>.

Esto será necesario tanto para los encargados de formular políticas como para las empresas que consideren la posibilidad de invertir en la capacidad de producción de hidrógeno, que deberá ser entre 7 y 11 veces mayor para 2050

Si se quiere que desempeñe estos dos importantes papeles en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, las tecnologías existen o se encuentran en etapas avanzadas de desarrollo así como la demanda; es decir hay industrias preparadas para pasar al hidrógeno como combustible menos contaminante.

El hidrógeno ofrece el potencial de almacenamiento de energía a una escala mucho mayor que las soluciones de batería que se utilizan actualmente. Esta es una ventaja particular cuando hay grandes variaciones en el nivel de electricidad generada por las energías renovables, y puede ayudar a capturar la energía que de otra manera podría ser desperdiciada. Además de este potencial de almacenamiento teórico, la investigación independiente encargada por el gobierno japonés muestra que la demanda proyectada para el hidrógeno verde como combustible, en lugar de sólo como una forma de almacenamiento, podría requerir hasta 16TWh de generación de energía renovable para 2050.

El uso del hidrógeno como una forma efectiva de almacenamiento de energía renovable se basa en la capacidad de convertir el gas de nuevo en electricidad. Esto requiere plantas de energía capaces de usar combustible de hidrógeno y generar un suministro constante de electricidad. Además de darse cuenta de que el hidrógeno almacenado potencial, estas plantas podrían ayudar a estabilizar las redes donde hay un alto proporciones de renovables variables en el sistema.

En una escala menor, el hidrógeno también puede ser utilizado como energía distribuida a través de la tecnología de las células de combustible de óxido sólido (SOFC), puede reemplazar los generadores diesel en algunos lugares como los edificios comerciales, usando hidrógeno o gas natural para generar tanto electricidad como calor.

La tabla 1, muestra la escalabilidad del hidrógeno de acuerdo al proceso de producción y fuente de energía.

**TABLA 1. ESCALACIÓN DEL HIDRÓGENO**

| COLOR HIDRÓGENO | PROCESO DE PRODUCCIÓN Y FUENTE DE ENERGÍA   |
|-----------------|---|
| VERDE           | La electrólisis usando electricidad de fuentes renovables.  |
| AZUL            | Los métodos convencionales CO <sub>2</sub> -intensivos combinados con tecnologías de captura de carbono, electrolisis usando electricidad de la red (energía de una mezcla de plantas de energía renovable y convencional), o subproductos de las fábricas químicas existentes. |
| GRIS            | Los métodos convencionales de producción de hidrógeno con CO <sub>2</sub> intensivo de los combustibles fósiles.  |

NAVA (2020). Elaboración propia.

La producción de hidrógeno verde a partir de energías renovables ofrece una solución tentadora para los desafíos de almacenamiento de fuentes de energía como la eólica y la solar. Los estados occidentales en los Estados Unidos, como California y Utah, ya están creando hidrógeno verde y planean escalarlo en los próximos años.

Sin embargo, no todas las regiones e industrias están preparadas para hacer la transición directamente al hidrógeno verde. El análisis realizado por McKinsey (2020), revela que, aunque los costos de producir energía renovable verde el hidrógeno caerá un 60% en la próxima década, tomará hasta mediados de la década de 2030 antes de que pueda rivalizar con los métodos "grises" convencionales de hidrógeno producción de carbón y gas natural hidrógeno azul, por otra parte, es mucho más probable que sea comercialmente viable en un futuro cercano. Este tipo de hidrógeno utiliza métodos convencionales de producción con uso intensivo de carbono, pero lo combina con la tecnología emisiones de CO<sub>2</sub> del proceso de producción no se liberen en la atmósfera.

McKinsey (2020) prospecta que, con la adición del precio del carbono, el hidrógeno azul será competitivo en costos con el hidrógeno gris para el 2030. Dependiente en los precios del gas natural, el hidrógeno azul puede ser ya más económico que el hidrógeno gris en algunas partes del mundo: la AIE identifica la producción de hidrógeno de carbón con CCUS (Captura, Almacenamiento y Uso del Carbono) como la forma más económica de hidrógeno limpio producido en China hoy en día, incluso más que el hidrógeno del gas natural sin CCUS. Hay 19 plantas de CCUS en funcionamiento en todo el mundo hoy en día, 32 planificadas o en construcción.

Usar el hidrógeno azul para establecer cadenas de suministro y crecimiento en la demanda de gas asegurará que para el momento en que los proyectos de hidrógeno verde se vuelven comercialmente viables, tienen un mercado preparado para vender. El hidrógeno azul es la transición hacia el verde.

El otro gran papel del hidrógeno en la carrera hacia las emisiones netas cero es su potencial para descarbonizar esas industrias y formas de uso de la energía CO<sub>2</sub> intensivas en carbono, estos son sectores que dependen de los combustibles fósiles ya sea como materia prima para sus productos, o para la energía. Muy a menudo la aplicación de la energía viene en forma de niveles extremos de calor, que no pueden ser simplemente electrificados. En 2018 la industria representó el 29% del consumo de energía y el 42% de la directa CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía y las emisiones de procesos, según la AIE. Junto

con la CCUS y los combustibles alternativos como el biogás, el hidrógeno puede ser utilizado tanto como materia prima para las materias primas de la industria como en aplicaciones de calor para ayudar a descarbonizar sectores como el químico, el cemento y la siderurgia.

La industria del acero, por ejemplo, es tan intensiva en carbono que en realidad produce más CO<sub>2</sub> que acero. Aproximadamente 1,8 toneladas de CO<sub>2</sub> se liberan a la atmósfera por cada tonelada de acero líquido, muchas plantas alrededor del mundo emiten tres o más toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de Acero. En total, esta industria es responsable de entre el 7% y el 10% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. Con tan altos niveles de emisiones, la industria ya está sintiendo el efecto de los precios del carbono en algunas partes del mundo.

En Europa, por ejemplo, CO<sub>2</sub> los precios se multiplicaron por seis entre 2017 y 2019, y se espera que continúen se elevan a medida que las nuevas normas del Sistema de Comercio de Emisiones de la UE entran en vigencia en 2021 que restringen el suministro de créditos de emisiones. En previsión de tales medidas regulatorias y presiones del mercado, los productores de acero de todo el mundo se apresuran a desplegar nuevas tecnologías dirigidas a la reducción de la intensidad del carbono en la fabricación de hierro y acero. La industria necesitará para desarrollar otras fuentes de energía sin una huella de carbono directa, como hidrógeno, a una escala comercial y de una manera que sea económicamente viable.

Cuando se escucha hablar del hidrógeno, la gente suele referirse a los vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno (FCEV). Y mientras las ventas de estos vehículos se estima que aumente, el hidrógeno se prevé que tenga un mayor impacto en el flete de larga distancia, el transporte marítimo, el transporte público y potencialmente aviación, donde el alcance y la eficiencia limitados de las baterías de los vehículos eléctricos (BEV) son inadecuados. Muchas partes del mundo ya están adoptando el uso público de hidrógeno para el sector transporte. Para el transporte de larga distancia, ya sea por carretera o por mar, se prevé que el hidrógeno sea capaz de desempeñar un papel ya sea directamente, en forma de camiones FCEV, o indirectamente siendo convertida en amoníaco como combustible para el transporte.

De manera similar, la AIE identifica los combustibles sintéticos a base de hidrógeno como una posible solución para reducción en el sector aviación. Un proyecto que se está

considerando en los Países Bajos construiría un electrolizador de 60MW alimentado por los parques eólicos marinos del Mar del Norte para crear hidrógeno que sería convertido en metanol y combinado con aceite de cocina para producir 100.000 toneladas de biocombustibles de aviación por año.

La Organización Marítima Internacional (OMI) de las Naciones Unidas ha establecido un objetivo para la industria del transporte marítimo internacional para reducir a la mitad sus emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050. Con la tecnología de las baterías actualmente sólo una solución viable a corto plazo viajes como los cruces de transbordadores, se están buscando enfoques alternativos para descarbonizar el sector.

El amoníaco se puede fabricar a partir de hidrógeno y es un gas más denso, proporcionando una solución potencial para el transporte de hidrógeno en grandes volúmenes. Comprimido a temperatura ambiente, el amoníaco se convierte en un líquido como el gas licuado de petróleo (GLP). Esto significa que es relativamente fácil de diseñar y construir nuevas naves para manejar tanto el GLP como el amoníaco.

La calefacción de los edificios, el agua y el uso del calor en la industria representa más de la mitad del uso de energía mundial. En Europa, el calor y el agua caliente representan el 79% del uso de energía en los hogares de la UE. La gran mayoría de los hogares europeos los hogares dependen de calderas de gas natural para calentarse, y el hidrógeno ofrece un potencial alternativa que podría hacer uso de la infraestructura de gas existente.

## **DIGITALIZACIÓN DE LA ENERGÍA**

A pesar de que la digitalización se ha convertido en omnipresente en todos los aspectos de nuestras vidas, la industria de la energía tiene una de las mayores oportunidades digitales. La generación de energía mejorada digitalmente, con el software y el análisis de datos, en combinación con hardware avanzado, ofrecerá una mayor accesibilidad, confiabilidad y sostenibilidad. Esto se logrará al tiempo que se reducen los costos, mejora la eficiencia y se reducen las emisiones de carbono de la industria eléctrica.

Los participantes tradicionales de la industria de la electricidad reconocen el cambio trascendente que ocurre y están buscando soluciones y socios en la nueva era de la tecnología digital. Hay jugadores nuevos y viejos que aprovechan las tecnologías digitales, nuevas políticas que crean nuevas exigencias y nuevos modelos de negocio que desafían las fuentes tradicionales de ingresos y crean nuevas oportunidades de crecimiento.

Dentro de los desafíos se encuentran el acceso a los datos <2 % de los datos se capturan, y esto se realiza principalmente sin automatización, falta de datos científicos, los activos obsoletos se deben readaptar.

Dentro de los nichos de Oportunidades se encuentra la conectividad, las máquinas conectadas impulsan la optimización, aumentan la eficiencia y reducen las emisiones, la red 4.0, altamente conectada y completamente optimizada permite una mayor transparencia y gestión de activos, los nuevos modelos de negocio, y la seguridad reforzada.

Hoy por hoy Optimización de las operaciones es un conjunto de soluciones digitales basado en la nube que proporciona recomendaciones proactivas mediante el análisis de datos internos de las plantas, datos operacionales históricos, o información externa con el fin de informar a los recursos clave, reducir costos de producción y mejorar la flexibilidad una mezcla de innovaciones de hardware con el software para la flexibilidad operativa.

## **LA SOSTENIBILIDAD**

Desde el eje transversal de la Sostenibilidad se pretende la reducción de las emisiones carbono y la transición energética al más bajo costo posible, equilibrando a su vez las potenciales amenazas en cuanto a la confiabilidad de las fuentes de energía y la seguridad climática, con la necesidad de recuperación económica y rentabilidad sostenida

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015, por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Países Miembros que la suscribieron.

Esta Agenda, que incluye 17 Objetivos y 169 metas, presenta una visión ambiciosa, ya que supone una transformación de nuestro modelo de desarrollo, colocando a la igualdad y dignidad de las personas como prioridad, respetando el entorno ambiental y persiguiendo mejoras en la calidad de vida, que permitan satisfacer nuestras necesidades y las necesidades de las generaciones futuras.

Para ser más competitivos en el mercado global que se está enfocando en diseños más sostenibles, es fundamental que la industria de la construcción, desde las etapas tempranas en proyectos IPC, haga cambios graduales de dirección y asuman nuevos paradigmas, asumiendo los nichos de oportunidades de mejora e innovación en materia sostenibilidad tales como:

- Gestión de residuos y desechos, como aspectos básicos para la ejecución de obras de construcción, estableciendo planes para su manejo integral, considerando estrategias para su reducción, reciclaje y potencial recuperación y aprovechamiento energético.
- Reducción de emisiones de carbono: empleo de tecnologías más limpias eficientes en los diseños, Análisis de Ciclo de Vida, considerando y analizando a nuestros proveedores y licenciantes.
- Eficiencia energética: mediante diagnósticos e inventario energético del diseño, que permita identificar fuentes de energía, consumo y desempeño de los equipos o sistemas, para proponer mejoras y alternativas tecnológicas o de fuentes de energía renovable.
- Gestión de recursos naturales y huella de carbono: optimización del uso de los recursos agua, suelos (superficie) y materias primas, considerando y analizando a su vez las implicaciones aguas arriba (proveedores) y aguas abajo (usuarios) de nuestros diseños.

## REFLEXIONES FINALES

Existen grandes oportunidades debido al amplio consenso multinacional para frenar las emisiones de CO<sub>2</sub>, menores costos para las tecnologías renovables, y una amplia diversidad de combustibles tendentes a garantizar la seguridad energética mundial. La descarbonización se logra no sólo mediante el uso de fuentes de energía renovables, sino a través de tecnologías de captura y almacenamiento del propio CO<sub>2</sub>.

La descarbonización y la disminución de los costos en tecnología seguirán impulsando el cambio del consumo en el punto de uso de combustible a electricidad. A medida que el ecosistema de la energía sigue evolucionando, los consumidores y las industrias de todos los niveles buscan oportunidades tecnológicas y nuevos modelos de negocios en este panorama nuevo y siempre cambiante, y las “cosas” electrificadas desempeñarán un papel cada vez más importante en el futuro del ecosistema energético.

El hidrógeno ha encontrado un camino para llegar a la mesa principal de los debates mundiales sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que los responsables políticos se dan cuenta de que la simple descarbonización a través de la electricidad renovable será insuficiente para llegar al objetivo de cero neto para el 2050. A medida que su visibilidad sigue aumentando, es evidente que el hidrógeno puede complementar las energías renovables y ayudar a descarbonizar las partes que no pueden alcanzar las energías renovables.

El hidrógeno ofrece el potencial de reconvertir las centrales eléctricas de gas natural en activos con cero emisiones de CO<sub>2</sub>. Los combustibles sintéticos, el hidrógeno, el amoníaco, son los nuevos productos básicos que se comercializarán a nivel mundial. Puede ser lograda la solución más competitiva en términos de suministro de energía renovable o de almacenamiento de carbono con modelos escalables, al final ambas soluciones coexistirán. Las grandes empresas tradicionales de petróleo y gas para afrontar éstos factores deben transformarse e incluir la producción de energía en sus portafolios.

Hoy por hoy Optimización de las operaciones es un conjunto de soluciones digitales basado en la nube que proporciona recomendaciones proactivas mediante el análisis de datos internos de las plantas, datos operacionales históricos, o información externa con el fin de informar a los recursos clave, reducir costos de producción y mejorar la flexibilidad una mezcla de innovaciones de hardware con el software para la flexibilidad operativa.

Los participantes tradicionales de la industria de la energía eléctrica reconocen el cambio trascendente que ocurre y están buscando soluciones y aliados en la industria 4.0 de las tecnologías exponenciales, sacando provecho a la transformación digital de sus operaciones, nuevas políticas exigen la ruptura de paradigmas que llevan hacia otros modelos de negocio que desafían las fuentes tradicionales de ingresos y crean nuevas oportunidades de crecimiento en armonía con el desarrollo sostenible y la agenda 2030.

Desde el eje transversal de la Sostenibilidad se pretende la reducción de las emisiones carbono y la transición energética al más bajo costo posible, equilibrando a su vez las potenciales amenazas en cuanto a la confiabilidad de las fuentes de energía y la seguridad climática, con la necesidad de recuperación económica y rentabilidad sostenida.

Para ser más competitivos en el mercado global que se está enfocando en diseños más sostenibles, es fundamental que la industria de la construcción, desde las etapas tempranas en proyectos IPC, haga cambios graduales de dirección y asuman nuevos paradigmas, asumiendo los nichos de oportunidades de mejora e innovación en materia sostenibilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<https://unfccc.int/es/news/final-cop21>

<https://news.un.org/es/story/2018/12/1446841>

International Renewable Energy Agency, Hydrogen: A Renewable Energy Perspective, 2019

IEA, The Future of Hydrogen - Seizing today's opportunities, June 2019

Spectra, CCUS: The Key to Making Hydrogen Energy Work Today, December 2019

World Economic Forum, Special Address by Angela Merkel, Chancellor of the Federal Republic of Germany, January 2020

Hydrogen Council, Hydrogen, scaling up, November 2017

BP, Statistical Review of World Energy - Electricity, 2019

International Renewable Energy Agency, Hydrogen: A Renewable Energy Perspective, 2019

McKinsey & Company/Hydrogen Council, Path to Hydrogen Competitiveness, January 2020