

rutaⁿ

MEDELLÍN

CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**



WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

une epm®

Medellín
todos por la vida

rutaⁿ

MEDELLÍN
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**



WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

OBSERVATORIO CT+i



une epm[®]

Medellín
todos por la vida

LICENCIA



Informe mercado de Energía, Área de oportunidad Almacenamiento de hidrógeno por [Corporación Ruta N](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Sugerimos se referencie el documento de la siguiente forma:

Corporación Ruta N (2015). *Observatorio CT+i: Informe No. 1 Área de oportunidad en Almacenamiento de hidrógeno*. Recuperado desde www.brainbookn.com

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



EJECUTA

tecnnova

conectamos universidad • empresa • estado



TECNNOVA,
LÍDER DE LA
RED DE
INTELIGENCIA
COMPETITIVA

APOYA

RED DE
INTELIGENCIA
COMPETITIVA



UNIVERSIDAD
DE ANTOQUIA
1803



Ser. Saber y Servir



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD
EAFIT[®]



Institución Universitaria



UNIVERSIDAD DE MEDELLIN



Universidad
Pontificia
Bolivariana

OBSERVATORIO CT+i



INFORME N° 1

FECHA: Abril 2015

AVANCE
MERCADO DE:

ENERGÍA

ÁREA
DE OPORTUNIDAD



Almacenamiento
de hidrógeno

ruta
MEDELLÍN
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN.....

////
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG



**DESARROLLA
EL ESTUDIO**

tecnova 
conectamos universidad • empresa • estado

ASESORA



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA**
SEDE MEDELLÍN

Lidera



EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta



Apoya: Red de Inteligencia Competitiva



PARTICIPANTES

El estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del área de oportunidad de **Almacenamiento de hidrógeno** fue desarrollado por la **Corporación Tecnova UEE** en el cual los participantes asumieron los siguientes roles:

Metodólogo: Asesora con la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva diseñada para el proyecto Observatorio CT+i y definida por la Red de Vigilancia Tecnológica de la ciudad. Adicionalmente coordina dentro de cada institución los ejercicios realizados.

Vigía: Encargado de recopilar de fuentes primarias y secundarias los datos e información relacionada con el área de oportunidad estudiada. Adicionalmente, realiza con expertos temáticos y asesores el análisis de la información recopilada y la consolidación de los informes del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

El estudio contó con la participación de profesores de la **Universidad Nacional- Sede Medellín** en el rol de experto temático y asesor con las siguientes actividades:

Experto Temático: Participa en las etapas de análisis y validación de la información recopilada por el vigía. Adicionalmente, orienta y da lineamientos del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva realizado.

Asesor: Participa en el estudio de vigilancia tecnológica con asesorías puntuales, propone conclusiones de los hallazgos, recomendaciones y modificaciones.

PARTICIPANTES



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN.....
//////
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG



Director del proyecto:

Elkin Echeverri

Coordinadores del proyecto:

Samuel Urquijo

Jorge Suárez

Expertos en Energía:

Beatriz Castaño

Andrea Mancera

Directores del proyecto:

Andrés Felipe López

Oscar Eduardo Quintero

Coordinadora y Metodóloga:

Ana Catalina Duque

Vigía:

Astrid Ramírez

Experta temática:

Catalina Valencia Peroni

Metodóloga:

Lida Isabel Tamayo

Asesora:

Ángela Adriana Ruiz

ALCANCE DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD

A continuación se presenta el alcance y foco del análisis. Este diagrama representa los temas priorizados en donde se hizo énfasis en el estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del área de oportunidad definida por expertos y asesores.

ÁREA DE OPORTUNIDAD

GENERALIDADES

- Hidrógeno como combustible con énfasis en almacenamiento de hidrógeno-mapa mental y línea de tiempo.

MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

- Mercado de celdas de combustible y perspectivas de la economía del hidrógeno a nivel mundial.
- Tanques y materiales de almacenamiento de hidrógeno.
- Requerimientos de sistemas de almacenamiento y estado actual.

Tendencias tecnológicas en:

- Materiales y sistemas de almacenamiento de H₂: (1) MOFs, (2) hidruros, (3) nanomateriales carbonosos y (4) generación on site.
- Seguridad y distribución: Modelos matemáticos para distribuir H₂, métodos de distribución novedosos, redes de tuberías y métodos de contención de fugas y explosiones de H₂.

Oportunidades para almacenamiento de H₂:

- Desarrollo de materiales y sistemas de almacenamiento de hidrógeno.
- Desarrollo de ingeniería aplicada: generación de tecnologías y montajes demostrativos o pilotos.
- Transferencia de conocimiento y generación de capacidades locales por medio de la integración con proyectos y empresas internacionales.
- Almacenamiento de energía eólica y solar en forma de H₂.

MERCADO DE TECNOLOGÍA

OPORTUNIDADES Y RETOS

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



GENERALIDADES DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD



TABLA DE CONTENIDOS

Nº de diapositiva

Generalidades del área de oportunidad.....	13
<i>Mapa mental</i>	14
<i>Línea de tiempo</i>	15
Mercado de productos y servicios.....	16
<i>Aspectos clave / Crecimiento del mercado</i>	17
<i>Principales mercados</i>	18
<i>Análisis de productos, servicios y tecnologías</i>	19
<i>Tendencias de mercado</i>	22
<i>Tendencias de productos y servicios -Materiales</i>	23
<i>Tendencias de productos y servicios - Generación-Usa</i>	25
<i>Principales jugadores del mercado</i>	26
<i>Otros jugadores - Almacenamiento de H₂</i>	31
<i>Otros jugadores - Celdas de combustible y vehículos</i>	32
<i>Casos reales</i>	33
<i>Conclusiones</i>	38
<i>Referencias</i>	40

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



TABLA DE CONTENIDOS

Nº de diapositiva

Mercado de Tecnología.....	48
<i>Tendencias tecnológicas emergentes -Materiales y generación- uso.....</i>	49
<i>Tendencias en investigación -Materiales y Generación-uso.....</i>	50
<i>Tendencias en desarrollo tecnológico - Materiales.....</i>	52
<i>Tendencias en desarrollo tecnológico - Generación-uso.....</i>	53
<i>Tendencias tecnológicas emergentes - Distribución y Seguridad.</i>	55
<i>Tendencias en investigación -Distribución y Seguridad.....</i>	57
<i>Nivel de Madurez.....</i>	59
<i>Líderes en publicaciones científicas.....</i>	60
<i>Líderes en desarrollo tecnológico</i>	65
<i>Conclusiones.....</i>	70
<i>Anexos artículos.....</i>	73
<i>Anexos patentes.....</i>	76
<i>Referencias Imágenes.....</i>	79

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



TABLA DE CONTENIDOS

Nº de diapositiva

Oportunidades y retos generales para el área de oportunidad.....	81
<i>Oportunidades.....</i>	82
<i>Desarrollo de sistemas de almacenamiento de H₂.....</i>	83
<i>Desarrollo de ingeniería aplicada: generación de tecnologías y montajes demostrativos/piloto.....</i>	86
<i>Transferencia de conocimiento y generación de capacidades locales por medio de la integración con proyectos y empresas internacionales.....</i>	89
<i>Almacenamiento de energía eólica y solar en forma de H₂.....</i>	92
<i>Recomendaciones.....</i>	94
<i>Expertos consultados.....</i>	97

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



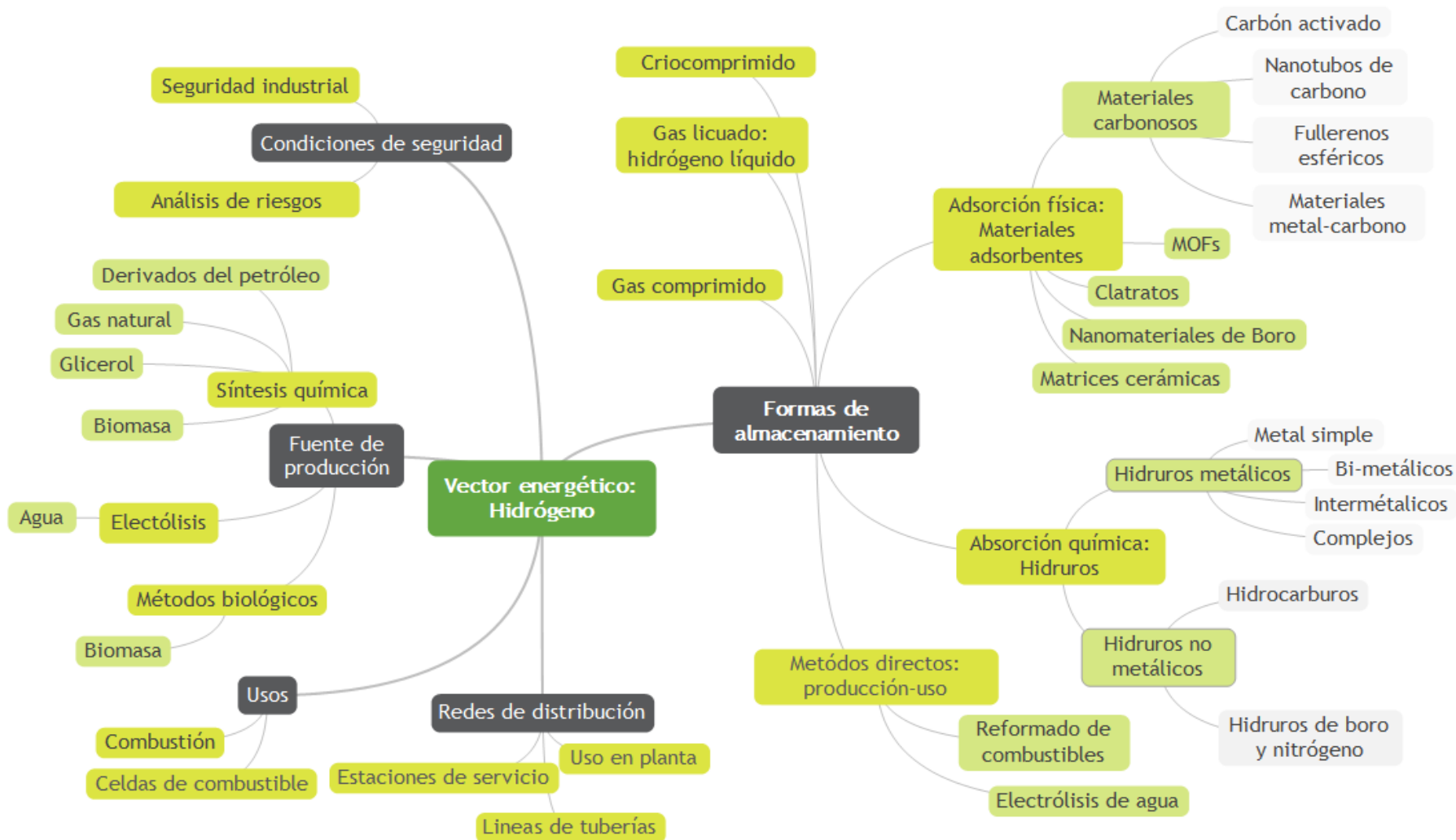
ENERGÍA

1. GENERALIDADES DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD

A continuación se presenta una descripción del área de oportunidad con los aspectos más importantes de la temática y su evolución, especialmente en los últimos diez años y los puntos clave que vendrán a futuro, evidenciando los momentos o hitos más relevantes.



MAPA MENTAL : HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE CON ÉNFASIS EN FORMAS DE ALMACENAMIENTO



LÍNEA DE TIEMPO

- 1973: primera patente de un hidruro metálico para almacenamiento de H₂ (Estados Unidos Brookhave NL).
- 1993-1994: primeros modelos conceptuales de autos para pasajeros con celdas de combustible de H₂: (1) Ballard Power systems (Bus), (2) Daimler Benz (NECARII), (3) Toyota (RAV4).
- 1999: Shell abre la primera estación de servicios de H₂.

2000

- 2001: Nissan desarrolla un tanque de H₂ de 70 MPa para vehículos.
- 2002: Honda FCX- Primer auto comercial de H₂ aprobado.
- 2003: Estados Unidos empieza la iniciativa para promover vehículos de H₂ (USD \$1,2 billones).
- 2004: desarrollo de la plataforma Europea para las tecnologías del hidrógeno y celdas de combustible.
- 2005: objetivos para almacenamiento de H₂ (DOE-Estados Unidos): 1,5 kWh/kg H₂, 0,045 kg H₂/kg.

2005

- 2008: primera demostración de aeroplano de H₂ tripulado (Boing R&D Europa).
- 2009: primera planta de generación de potencia con H₂. Fusina-Italia.
- 2010: objetivos para almacenamiento de H₂ (DOE-Estados Unidos): 2,0 kWh/kg H₂, 0,065 kg H₂/kg.

2010

- 2014: Estados Unidos lanza el plan para duplicar la economía del H₂ para 2025.
- 2014: Reino Unido financia con £11 millones un proyecto para establecer sistema de transporte con H₂.

2014

- 2015: objetivos para sistemas de almacenamiento de H₂ (DOE-Estados Unidos), 3,0 kWh/kg H₂, 0,090 kg H₂/kg
- 2020: economía del H₂ Escenario Europeo. Generación de potencia: 2-4GWe; vehículos de H₂ :1-5 millones.
- Comercialización de autos con H₂ : (1) HydroGen4 (2015-2020), MBenz -Class F-CELL (2015).

Futuro

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



GENERALIDADES DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD



ENERGÍA

2.

MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

En este capítulo se evidencian aspectos claves del mercado global y nacional, haciendo énfasis en el comportamiento comercial a nivel de productos, servicios y tecnologías disponibles en el mercado y las tendencias de los mismos a nivel de oferta y demanda. Adicionalmente, los principales jugadores del mercado mundial, evidenciando sus productos, aplicaciones y casos reales que comprueban los resultados de este tipo de desarrollos.



ASPECTOS CLAVE

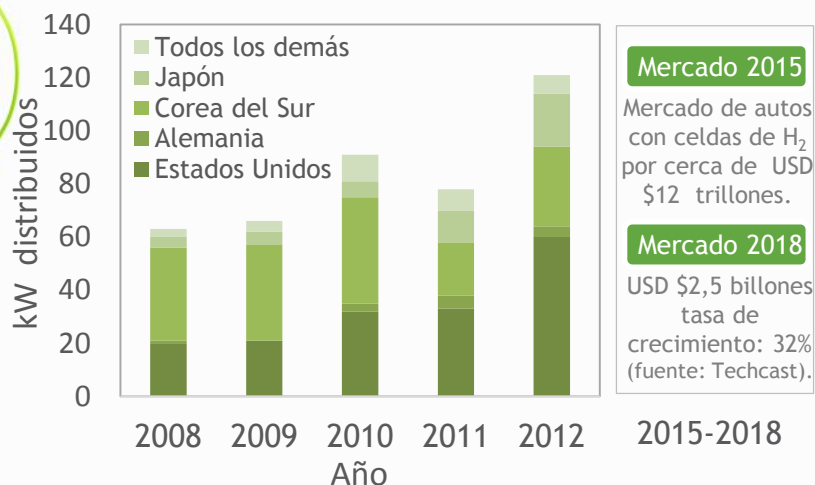
- Debido a que el mercado de las tecnologías de almacenamiento de H_2 es aún incierto, por los pocos años de comercialización de esta tecnología, se contextualizará el mercado desde las celdas de combustible debido a que actualmente son las que más lo utilizan como vector energético y desde las perspectivas de la economía del H_2 , estos temas van relacionados con las expectativas, principales jugadores y requerimientos de sistemas de almacenamiento a futuro.

- En Colombia aún no se ha desarrollado el hidrógeno como vector energético. Actualmente la producción del país de este combustible es de 18 MMCSFD, el cual se produce y se utiliza principalmente en las plantas petroquímicas.

CRECIMIENTO DEL MERCADO

GLOBAL

MERCADO CELDAS DE COMBUSTIBLE



Conclusión: en cuatro países se concentra la generación de potencia con celdas de combustible. Estados Unidos y Corea del Sur presentan los mayor aportes mundiales.

PERSPECTIVAS DE LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO

Mercado global H_2 : 2019

El mercado global del H_2 para 2019 alcanzará los USD \$138 billones, con una tasa de crecimiento anual del 5,9% (fuente: Markets and Markets).

H_2 como vector energético: 2030

El uso H_2 como vector energético para celdas de combustible y almacenamiento de energía será de 3,5 billones de kg/año para 2030 (fuente: Navigant Research).

Vehículos con H_2 : 2050

30% de los vehículos en el mundo utilizarán H_2 como combustible para el año 2050 (fuente: Techcast).

Conclusión: la economía del hidrógeno y el uso de este como vector energético tendrá una tendencia creciente alcanzando niveles en los que el 30% de los vehículos serán de H_2 para 2030.

Lidera:

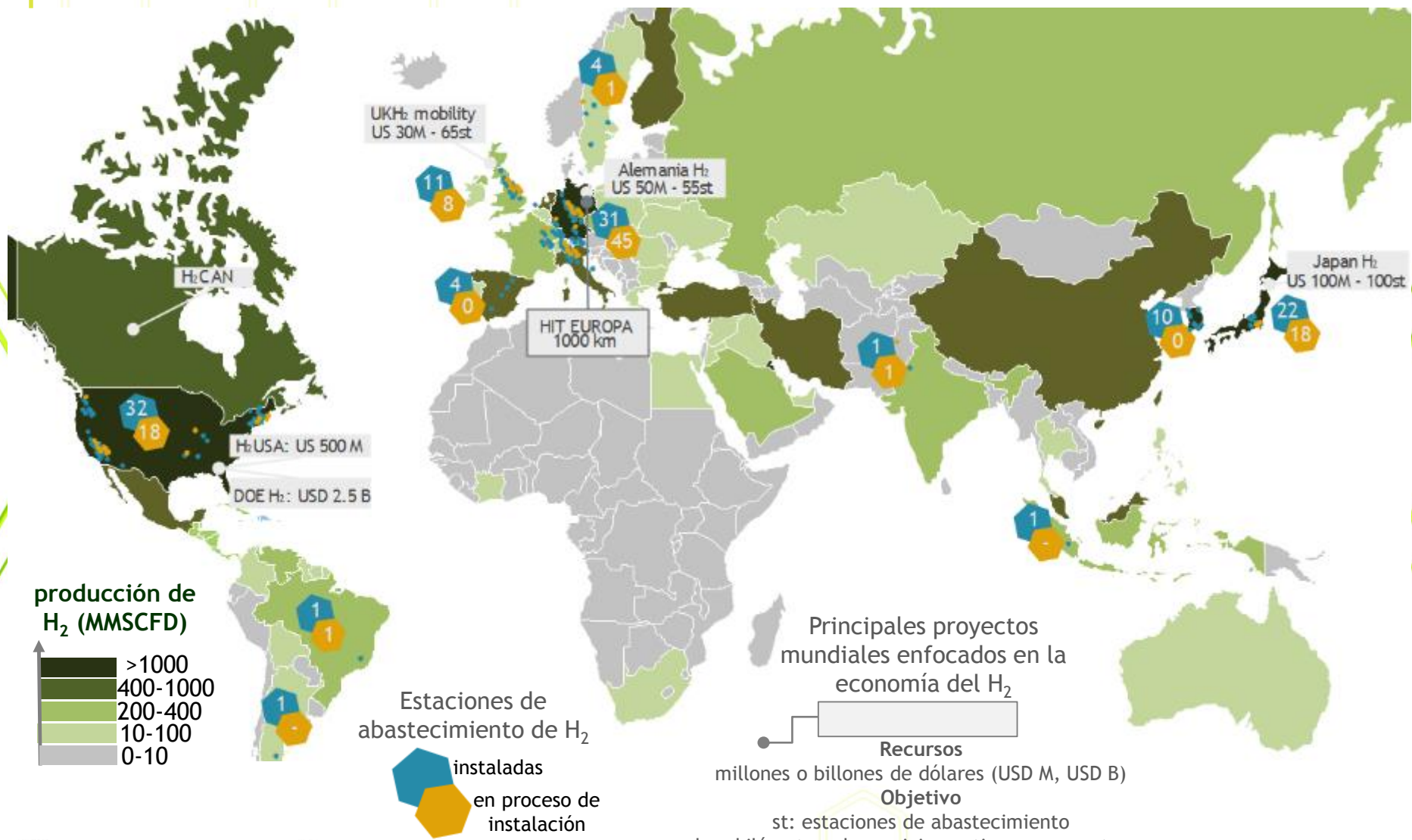


EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



PRINCIPALES MERCADOS



Lidera: **rutaⁿ** MEDELLÍN
 CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS
 EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
 WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta: **tecnova**
 conectamos universidad • empresa • estado

une epm Medellín todos por tu vida Alcaldía de Medellín

ANÁLISIS DE PRODUCTOS, SERVICIOS Y TECNOLOGÍAS

TIPOLOGÍA //

DESCRIPCIÓN //

TECNOLOGÍA //

GAS COMPRIMIDO

El almacenamiento como gas comprimido se da en tanques de alta presión donde se presentan densidades gravimétricas y volumétricas (aproximadamente) de 2-5% $\text{kg H}_2/\text{kg tanque}$ y 15-30 $\text{kg H}_2/\text{m}^3$ respectivamente, por lo que se requieren altos volúmenes para aplicaciones prácticas como combustible.

- Tanques de alta presión



GAS LICUADO

El almacenamiento como gas licuado se lleva a cabo en tanques donde la temperatura del H_2 es reducida a cerca de los 20 K para mantener el estado líquido. Aquí se incrementa la densidad volumétrica (respecto al gas comprimido), pero se requiere un alto gasto energético para obtener la temperatura de proceso.

- Tanques criogénicos



GAS CRIO-COMPRIMIDO

La tecnología para almacenamiento como gas crío-comprimido combina las tecnologías de compresión y de almacenamiento criogénico. Esta combinación mejorara la densidad volumétrica y gravimétrica comparada con las dos tecnologías por separado (en evaluación relación eficiencia / costo).

Con esta tecnología se pueden tener tres tipos de sistemas:

- Tanques para hidrógeno líquido comprimido.
- Tanques para hidrógeno gaseoso enfriado.
- Tanques para equilibrio líquido saturado-vapor.



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



ANÁLISIS DE PRODUCTOS, SERVICIOS Y TECNOLOGÍAS

TIPOLOGÍA //

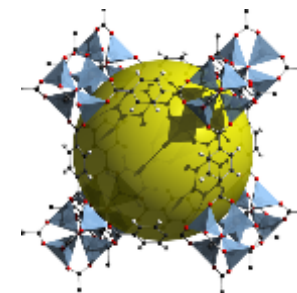
DESCRIPCIÓN //

TECNOLOGÍA //

ALMACENAMIENTO EN MATERIALES ADSORBENTES: FISISORCIÓN

El hidrógeno, dependiendo de la temperatura y presión, puede ser adsorbido sobre superficies sólidas por medio de fuerzas de Van der Waals (fisisorción). Para que este sistema sea efectivo se requieren áreas superficiales altas y buenas características del material para la posterior liberación del gas.

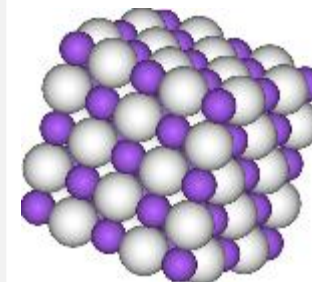
- Materiales carbonosos.
- MOFs (por siglas en inglés: Metal Organic Frameworks).
- Clatratos.
- Nanomateriales de Boro.



ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS: QUIMISORCIÓN

El almacenamiento de hidrógeno en estado sólido es posible a través de la formación de hidruros metálicos. En este mecanismo diferentes compuestos como metales e hidrocarburos reaccionan con el H_2 facilitando su absorción en su forma elemental. La posterior liberación del gas se da por la adicción de calor al sistema.

- Hidruros metálicos.
- Hidruros no metálicos.



MÉTODOS INDIRECTOS: PRODUCCIÓN - USO

Este método consiste en producir el H_2 y utilizarlo instantáneamente. A pesar de que no se almacena hidrógeno directamente sino alguno de los compuestos con los que este se produce, es un procedimiento para tenerlo disponible. Se estiman como materias primas para su producción fluidos dadores de H_2 como el metano y el agua.

- Reformado de combustibles.
- Electrólisis de agua.



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

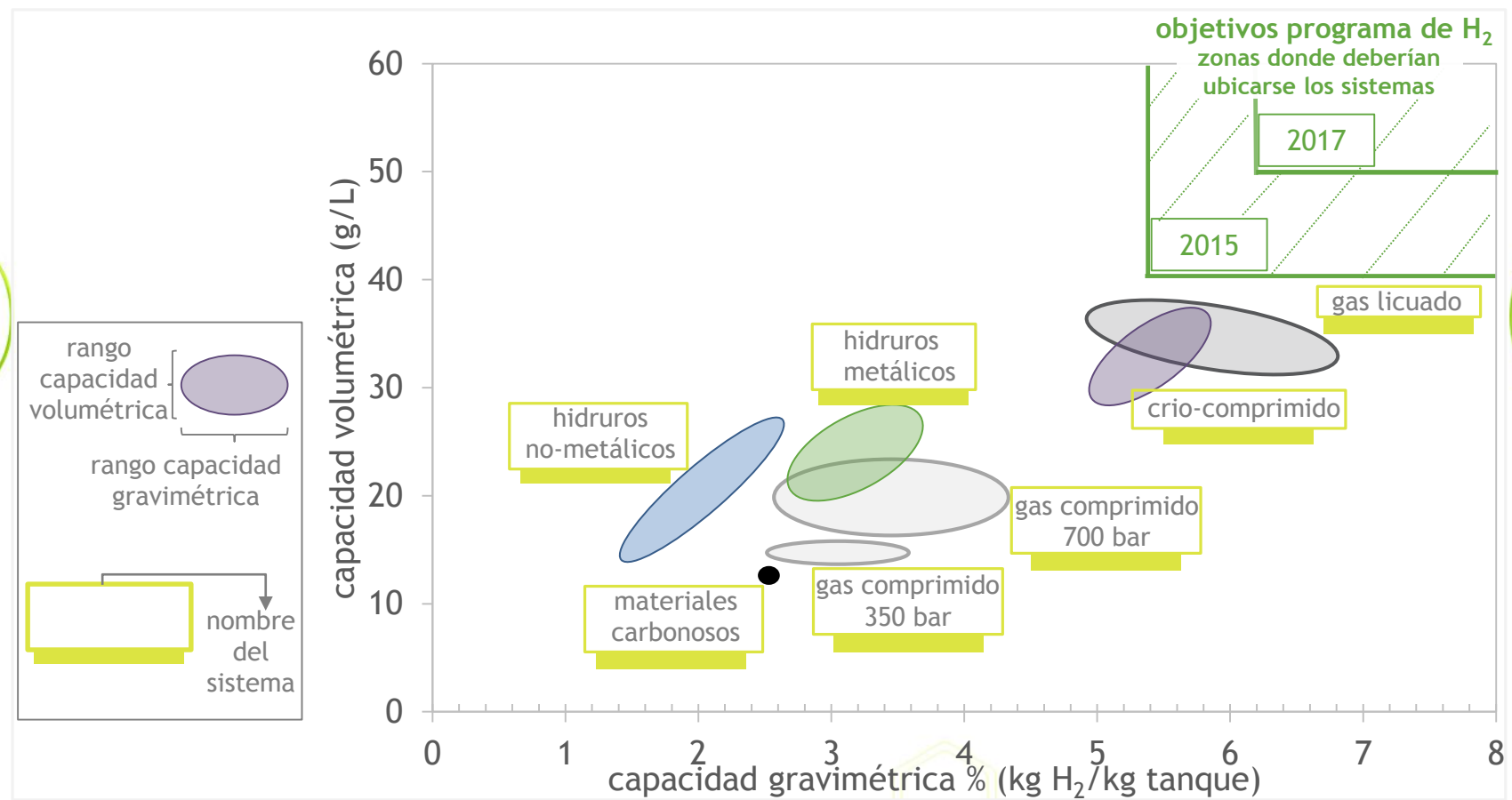
Ejecuta:



ANÁLISIS DE PRODUCTOS, SERVICIOS Y TECNOLOGÍAS

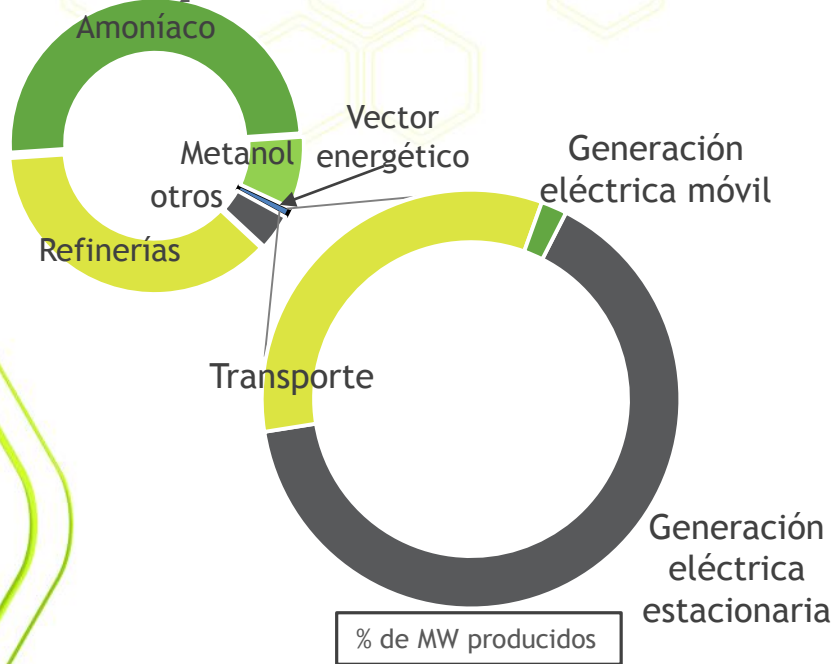
Objetivos y estado actual de los sistemas de almacenamiento de H₂

El estado actual de los tanques y materiales utilizados para almacenamiento de H₂ no satisfacen los objetivos propuestos por el programa de H₂ de Estados Unidos (H₂ DOE) para considerar los sistemas rentables. Los objetivos se plantean en kg H₂/kg tanque, g H₂/L, kWh/kg H₂.



TENDENCIAS DE MERCADO

Uso final de H₂ en el mundo



1.

Recesión económica: disminuye transporte y aumenta generación eléctrica

La recesión económica ha llevado a la disminución de adquisición de vehículos de alta gama. El mercado de generación de potencia con H₂ sigue aumentando.

2.

Desarrollo de sistemas económicos / eficientes

Los nuevos avances para las tres tendencias corresponden a uso eficiente de H₂ como vector energético. Se plantean objetivos como por ejemplo celdas de combustible para transporte con un costo económico de U\$30/kW para 2017.

3.

Generación eléctrica móvil con posibilidad de competir con tecnologías tradicionales

Los sistemas portables de generación de energía eléctrica con H₂ han alcanzado relación beneficio / costo compatible con sistemas de baterías convencionales.

Generación energía eléctrica estacionaria

El uso del H₂ para generación de energía estacionaria es el que mayor consumo tiene con cerca de un 65% del total de los MW producidos. Incluye generadores como primera fuente de producción de energía eléctrica, al igual que sistemas de respaldo y sistemas pequeños para usos residencial y comercial.

Transporte

El sector transporte incluye vehículos ligeros y pesados, buses, aviones y embarcaciones. Actualmente casi el total del hidrógeno en este sector es aprovechado por celdas de combustible tipo PEM.

Generación energía eléctrica móvil

El segmento de uso del H₂ para generación de energía portable (2-200W) incluye sistemas de celdas de combustible para sistemas que requieran tecnologías móviles. Adicional a esto se presentan los kits de sistemas de celdas de combustible para aplicaciones móviles: celulares, computadores, etc.

TENDENCIAS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS - MATERIALES

TENDENCIA //	PRODUCTO SERVICIO //	ATRIBUTOS //	BENEFICIOS //
MATERIALES CARBONOSOS (FISISORCIÓN)	Los materiales carbonosos considerados para almacenamiento de hidrógeno son materiales porosos (alta área superficial) que adsorben hidrógeno para almacenarlo sobre su superficie y liberarlo posteriormente en condiciones controladas.	<ul style="list-style-type: none"> Alta disponibilidad y diversidad de materiales. Baja densidad. Buena estabilidad química. 	<ul style="list-style-type: none"> Costos bajos para muchos materiales. Baja energía requerida para la liberación del H₂. Amplio rango de condiciones de operación.
MOFs (FISISORCIÓN)	Materiales sólidos cristalinos (porosos o no porosos) constituidos por unidades metálicas que se unen entre si mediante ligandos orgánicos. Debido a la gran cantidad de posibles estructuras que se pueden formar para almacenamiento de H ₂ se potencializa porosidad y capacidad de interacción con el gas.	<ul style="list-style-type: none"> Altos volúmenes de poro (ej. 6.000 m²/g). Alta versatilidad y geométrica y de composición. Posibilidad de selectividad a ciertos gases. Buenas características de adsorción a T≈77 K. 	<ul style="list-style-type: none"> Posibilidad de adsorber alta cantidad de H₂ en su superficie. Alta capacidad de adsorción. Cinética rápida de adsorción / desorción.
CLATRATOS (FISISORCIÓN)	Los clatratos son compuestos generalmente de moléculas de agua, que se forman a bajas temperaturas y altas presiones, los cuales encapsulan moléculas de H ₂ a través de la formación de cavidades de diferentes tamaños que asociadas forman una red cristalina estable. Las aplicaciones son limitadas por las altas presiones requeridas.	<ul style="list-style-type: none"> Estables a presiones muy elevadas (ej. 2.000 bar). 	<ul style="list-style-type: none"> Materiales de almacenamiento baratos y disponibles (ej. H₂O).

TENDENCIAS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS - MATERIALES

TENDENCIA //

PRODUCTO| SERVICIO //

ATRIBUTOS //

BENEFICIOS //

**NANO-
MATERIALES
POROSOS
(FISISORCIÓN)**

Estructuras similares a los materiales carbonosos pero que en vez de átomos de carbono tiene átomos de boro o de boro-nitrógeno. Así se tienen materiales promisorios como fulerenos de boro, nitruros de boro, entre otros.

- Materiales compuestos principalmente de boro, nitrógeno, hidrógeno y calcio.

- Condiciones favorables de adsorción / desorción cerca de las condiciones ambientales.
- Mejor estabilidad que los compuestos análogos de carbono.

**HIDRUROS
METÁLICOS
(QUIMISORCIÓN)**

Los hidruros metálicos son compuestos del hidrógeno con ciertos metales o mezclas de metales que se forman al enfriar la mezcla metálica y ponerla en contacto con el H₂. Este sistema puede almacenar grandes cantidades de hidrógeno pero no es recomendado para sistemas que requieran llenado móvil por sus requerimientos de temperatura.

- Almacenamiento en estado sólido.
- Alta densidad volumétrica.
- Requiere sistema de intercambio de calor para enfriamiento y calentamiento (adsorción / desorción).
- Sistema pesado.

- Almacenamiento seguro.
- Puede ser construido en diferentes formas geométricas.

**HIDRUROS NO-
METÁLICOS
(QUIMISORCIÓN)**

Los hidruros no metálicos son compuestos similares a los hidruros metálicos pero el hidrógeno es absorbido por enlace químico con elementos no metálicos pero de buena reactividad al hidrógeno: boro, carbono, nitrógeno y oxígeno. Entre los principales compuestos que se identifican como sistemas de almacenamiento están los hidrocarburos y los hidruros de boro y nitrógeno.

- Más livianos que los hidruros metálicos pero con menos capacidad volumétrica y gravimétrica.

- Almacenamiento seguro.
- Puede ser construido en diferentes formas geométricas.

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



TENDENCIAS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS - GENERACIÓN-USO

TENDENCIA //

PRODUCTO| SERVICIO //

ATRIBUTOS //

BENEFICIOS //

**REFORMERS
(PRODUCCIÓN-
USO)**

El proceso de reformado en el que se produce H₂ para usarlo de manera instantánea utiliza como materia prima gas natural, amoníaco y metanol. Es un proceso a altas temperaturas en el cual la materia prima se transforma en gas de síntesis (mezcla de H₂, CO, CO₂, CH₄ y H₂O). Al finalizar el proceso se maximiza la producción de H₂ y se separan los gases.

- Múltiples formas y diseños.
- Eficiencia del proceso entre 70 y 85%.

- Condiciones ajustables a estaciones de servicio de diferente capacidad.
- Disminuyen los riesgos de seguridad por almacenamiento de H₂.
- Disponibilidad de materia prima.

**ELECTRÓLISIS
DE AGUA
(PRODUCCIÓN-
USO)**

La electrólisis de H₂O in situ sirve para tener H₂ disponible inmediatamente debido a que el proceso se lleva a cabo en el lugar donde este se requiere. El procedimiento consiste en convertir H₂O, gracias a la energía proveniente de una corriente eléctrica, en H₂ y O₂. El paso final es la separación de los gases.

- Altos costos asociados al proceso de electrólisis.
- Eficiencia global de proceso de alrededor de 35%.

- Almacenamiento seguro (agua).
- Materia prima abundante y disponible.

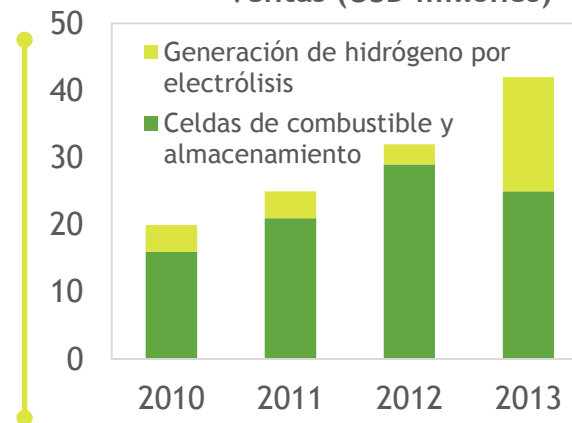
PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO



HYDROGENICS

Empresa canadiense líder a nivel mundial en el diseño, manufactura, construcción e instalación de sistemas de hidrógeno para la industria. Hydrogenics cuenta con más de sesenta años en los que ha desarrollado las siguientes áreas de trabajo: (I) generadores de H₂, (II) estaciones de servicio, (III) celdas de combustible para vehículos y generadores de potencia y (IV) sistemas de almacenamiento de H₂ (Hydrogenics, 2014).

Ventas (USD millones)



PRODUCTOS Y SERVICIOS



HySTAT™ y HyLYZER™
Generadores de hidrógeno por medio de electrólisis del agua para capacidades entre 1Nm³ a 500Nm³.



HYDROGENICS Power to Gas
Sistema integrado de generación de H₂ por electrólisis, almacenamiento con sistemas de gas comprimido para transportarlo o generar potencia.



ESTACIONES DE SERVICIO DE H₂
Cuarenta estaciones de servicio a nivel mundial para tanques de 350 o 700 bar. Actualmente usan electrólisis para generar el H₂.



BUS 2010 NextGen40
Bus que funciona con hidrógeno realizado por la alianza entre Hydrogenics (quien aportó las celdas de combustible de H₂), CALSTART, BAE system y SFMTA.

CELDAS DE COMBUSTIBLE HyPM™



Celdas de combustible de H₂ para aplicaciones en transporte: buses y vehículos particulares.

CLIENTES // ALIADOS



Lidera:
rutaⁿ
MEDELLÍN
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS
EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:
tecnova
conectamos universidad • empresa • estado

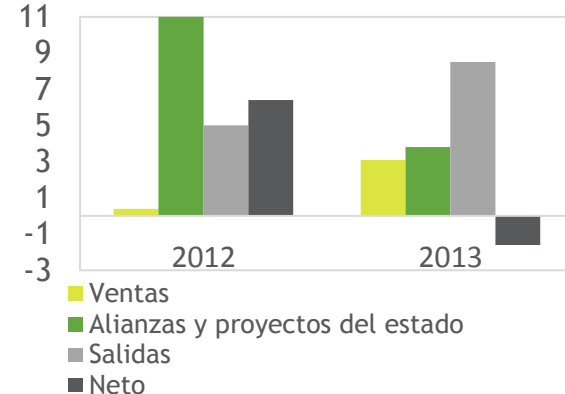
PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO



McPhy energy

Empresa francesa creada en 2008 que desarrolla equipos relacionados con la producción de hidrógeno, almacenamiento principalmente por medio de hidruros metálicos y purificación. Hasta el 2013 presentaba una capacidad instalada en más de mil empresas a nivel mundial de 7.000 Nm³/h. Sus primeros equipos comerciales los tienen desde 2011 (McPhy energy, 2014).

millones de dólares



PRODUCTOS Y SERVICIOS

ALMACENAMIENTO SÓLIDO DE H₂: HES Series

Almacenamiento en hidruros de magnesio (MgH₂) en sistemas de tamaño estándar, que aprovecha la energía de la hidrogenación para la posterior deshidrogenación.



ALMACENAMIENTO SÓLIDO DE H₂: HDS Series

Sistema de almacenamiento de hidruros de magnesio (MgH₂) que se acoplan principalmente a procesos petroquímicos donde se produce H₂.



ELECTROLIZADORES

Amplia gama de equipos para cubrir diferentes necesidades, los rangos son: presión de (1-45) bar y flujo de H₂ de (1-1.000) Nm³/h.



SISTEMAS DE PURIFICACIÓN DE HIDRÓGENO

Sistemas de purificación acoplado a algunos electrolizadores para alcanzar purezas de hasta 99.999.

CLIENTES // ALIADOS



GE Oil & Gas



Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO



BALLARD- celdas de combustible

Compañía canadiense líder a nivel mundial en el mercado de celdas de combustible tipo PEM (siglas en inglés: Proton Exchange Membrane) principalmente de hidrógeno. Los principales mercados en los que se utilizan las celdas de combustible de la compañía son: generación de potencia para hogares y empresa (GP), vehículos para transporte de material (TM), buses, proyectos de ingeniería y generación de electricidad como respaldo (GER) a tecnologías convencionales (Ballard, 2014).



PRODUCTOS Y SERVICIOS

CELDAS DE COMBUSTIBLE



Aplicación: GER, TM
combustible: H₂
potencia: 1,5-3-6 kW



Aplicación: GP
combustible: H₂(80%)/N₂
potencia: 2-11 kW



Aplicación: TM
combustible: H₂
potencia: 4-19 kW



Aplicación: buses
combustible: H₂
potencia: 75-150 kW



ClearGen®
Sistema de generación de potencia que se integra a plantas que tienen H₂ como subproducto.



ElectraGen™- H2
Generación de energía como respaldo para empresas. Forma de almacenar H₂ gas comprimido.



ElectraGen™- ME
Generación de energía a través de un sistema que tiene un reformador que convierte una mezcla de metanol / agua en H₂ para la celda de combustible.

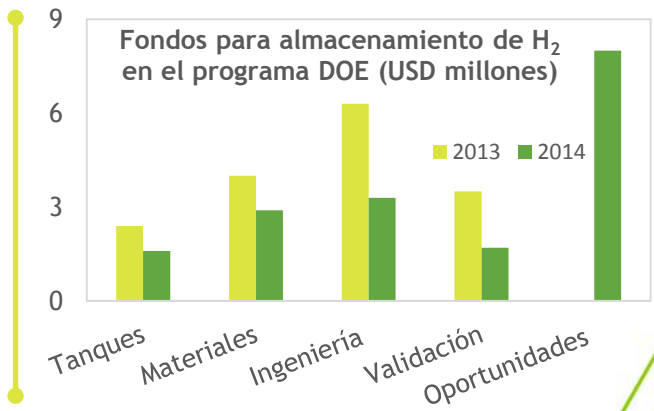
CLIENTES // ALIADOS

PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO



Programa: celdas de combustible de hidrógeno-DOE. Estados Unidos

Programa creado por el gobierno de los Estados Unidos en alianza con la industria, academia, laboratorios nacionales y agencias nacionales para la investigación y desarrollo de productos para fortalecer la economía del hidrógeno en el país, donde se destaca el almacenamiento dentro de los temas fundamentales (*Hydrogen and Fuel Cells Program, s.f.*).



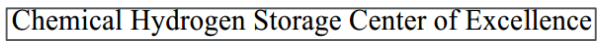
PROGRAMAS E INVESTIGACIONES



CENTRO DE EXCELENCIA PARA LA INGENIERIA DEL ALMACENAMIENTO DEL H₂
Proyecto que se dedicó a buscar tanques de menor presión y materiales novedosos para usos en vehículos.



(MHCOE): CENTRO DE EXCELENCIA PARA HIDRUROS METÁLICOS (HM)
Programa que busca los HM que satisfagan las condiciones dadas para aplicaciones prácticas. Actualmente los hidruros de boro aparecen como los candidatos promisorios.



Hydrogen Sorption Center of Excellence (HSCoE)
CENTRO DE EXCELENCIA PARA LA INGENIERIA DEL ALMACENAMIENTO DEL H₂
Centro dedicado a buscar materiales para aplicaciones para vehículos, su principal enfoque son los materiales adsorbentes.

(CHSCoE): CENTRO DE EXCELENCIA PARA ALMACENAMIENTO QUÍMICO DE H₂
Programa que se dedicó a la búsqueda de hidruros. Sus recomendaciones finales dan los lineamientos para la búsqueda en el área.

ALIADOS



PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO



TOYOTA

Compañía japonesa que desde hace veinte años se ha dedicado a la investigación y desarrollo de celdas de combustible de hidrógeno como política de la empresa para desarrollo de tecnologías limpias. Actualmente tiene buses (línea FCHV) y vehículos de cuatro pasajeros (línea FCV) disponibles comercialmente (Toyota, 2014).

PRODUCTOS Y SERVICIOS // PROGRAMAS E INVESTIGADORES



TOYOTA FCV
Autos de celdas de combustible de H₂. En las tres principales versiones el principal cambio es kilómetros / tanqueada: FCV 2002-2007: 300km, FCV 2010: 600km y FCV 2015: 750km de autonomía. Esta última versión tiene un llenado de tres minutos y sale al mercado por un valor de USD \$50-100 mil.



Bus Burbank: California
Buses híbridos que utilizan celdas de combustible de H₂ y motor de combustión de H₂ como respaldo.



TOYOTA FCHV-BUS
Bus de celdas de combustible PEFC con H₂, 90kW, con capacidad para sesenta y cinco pasajeros, 83km/h por cien horas. Almacenamiento de H₂ como gas comprimido 350 bar.

Tanque en experimentación hidruro / gas comprimido
Toyota está desarrollando un tanque para vehículos que es híbrido de hidruro metálico (bcc-AB) y gas comprimido.

CLIENTES // ALIADOS

Lidera:
rutaⁿ
MEDELLÍN
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS
EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:
tecnova
conectamos universidad • empresa • estado

OTROS JUGADORES-ALMACENAMIENTO DE H₂



ITM POWER

Empresa dedicada a diseñar y desarrollar sistemas para el almacenamiento y la producción limpia de H₂. En el tema de almacenamiento se dedican a gas comprimido y almacenamiento sólido (ITM Power, 2014).



LINDE

Empresa dedicada a crear soluciones para el almacenamiento y distribución de hidrógeno. Las opciones de almacenamiento son gas comprimido y líquido en tanques criogénicos (Linde, 2014).



CELLA ENERGY

Empresa creada para el desarrollo de materiales novedosos para el almacenamiento de hidrógeno que sean económicos y se puedan producir a escala industrial. Cella nace en 2011 como una spin-out de la Universidad de Oxford (Cella, s.f.).



QUANTUM TECHNOLOGIES

Empresa reconocida por sus sistemas de almacenamiento de gas natural para incorporarlas en celdas de combustible; recientemente se dedican a trabajar también con H₂ (Quantum, 2014).



HYDROCELL

Empresa que desarrolla sistemas portables de almacenamiento de hidrógeno en tanques de hidruros metálicos que pueden ser incorporados a celdas de combustible (hydrocell, 2014).



HYDROGEN TECHNOLOGIES INC

Empresa en desarrollo que busca materiales novedosos y mejoras a los sistemas tradicionales de almacenamiento de H₂ (Hydrogen, 2014).

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



OTROS JUGADORES-CELDAS DE COMBUSTIBLE Y VEHÍCULOS



FUEL CELL ENERGY

Empresa reconocida en el mundo como una de las de mayor producción de celdas de combustible de hidrógeno y gas natural (*FuelCell Energy, 2013*).



HONDA

Empresa que se ha dedicado desde el año 1985 al desarrollo de vehículos de H₂. En los últimos diez años ha lanzado tres versiones de sus autos Honda FX, siendo su última versión la primera comercial (*Honda, 2014*).



CERAMIC FUEL CELLS

Líder mundial en el desarrollo de celdas de combustible de óxido sólido (SOFC) para una gran variedad de combustibles entre los que se incluye el hidrógeno (*Ceramic Fuel Cells, 2014*).



HYUNDAI

Hyunday desarrolló el auto Hyunday Tucson que funciona con celdas de combustible de hidrógeno y que requiere diez minutos para el llenado. Hyunday planea tener más de diez mil vehículos para 2015-2020 (*Hyundai, 2014*).



CERES POWER

Compañía líder a nivel mundial en desarrollo de celdas de combustible de bajo costo con enfoque en generación de energía para empresas y hogares (*CeresPower, 2014*).



NISSAN

Nissan en colaboración con Daimler and Ford desarrolló su primer prototipo de auto con celdas de combustible de hidrógeno en 2013. Esta empresa espera tener lista la versión para comercializar para después del 2017 (*Nissan, s.f.*).

CASOS REALES



Sistema de almacenamiento sólido de hidrógeno: McPhy-HDS100

Sistema diseñado para almacenamiento sólido de hidrógeno a baja presión y temperaturas cerca del ambiente. El material que utiliza como sistema de almacenamiento corresponde a hidruros metálicos (adsorción química). Este sistema ha mostrado éxito al acoplarse a procesos de downstream y upstream en plantas petroquímicas y a plantas de generación de potencia con hidrógeno (McPhy, 2014).



PROCESO //

1. 2000-2008: el grupo de investigación Intermetallic and interstitials-Energy conversion del centro nacional francés de investigación científica desarrolló proyectos relacionados con almacenamiento de H_2 en estado sólido (principalmente hidruros) gracias al financiamiento recibido por parte del proyecto europeo de almacenamiento de H_2 (creado desde el año 2000).
2. 2008: creación de McPhy Energy para llevar a escala industrial todos los resultados de laboratorio.
3. 2011: primera comercialización del sistema de almacenamiento de hidrógeno HDS-100 (para plantas petroquímicas).

RESULTADOS //

Equipo que posee las siguientes características:

- Capacidad de almacenamiento: 100kg.
- Flujo de H_2 : 45m³/h.
- Energía requerida para desorción de H_2 : 10,5 kWh/kg hidrógeno.
- Peso del tanque: 11,5 toneladas.
- Rangos de operación: (1) temperatura: 20-60°C y (2) presión: 2-10 bar.

Sistemas de almacenamiento integrado a plantas petroquímicas (ej. Porto Marghera), de generación de potencia con hidrógeno (ej. Fusina) y otros (ej. aeropuerto Branderburg, Berlín) donde estos procesos generan la energía para mantener las condiciones de proceso.

Lidera:

rutaⁿ
MEDELLÍN
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

tecnova
conectamos universidad • empresa • estado

MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

une epm

Medellín
Todos por la vida
Alcaldía de Medellín

CASOS REALES



Minipack: sistema de almacenamiento sólido de H₂ para dispositivos portables

Sistema desarrollado para recargar dispositivos portables, cámaras, celulares, memorias USB, GPS y MP3. El sistema consta de una celda de combustible y dos sistemas de almacenamiento de hidrógeno por medio de hidruros metálicos (hidrostik). El hidrógeno es producido por un electrolizador de hidrógeno portable al que se le alimenta con agua destilada (Horizon, 2014).



PROCESO //

1. 2004: Horizon desarrolla las primeras baterías de celdas de combustible de hidrógeno las cuales fueron utilizadas inicialmente para purificadores de aire. En este año empieza el desarrollo de dispositivos lo suficientemente económicos para ser rentables.
2. 2005: desarrollo del primer dispositivo en tamaño pequeño no comercial como parte de prototipos para evaluar el uso de celdas de combustible en sistemas de este tamaño.
3. 2008: lanza al mercado el Minipack que consta de una batería de celda de combustible de hidrógeno. Este dispositivo se desarrolló por la obtención de un hidruro metálico con la capacidad de almacenar la cantidad de hidrógeno requerida para hacerlo portable y útil.

RESULTADOS //

Sistema portable que tiene un área transversal de 79 cm² y un peso total (incluyendo hidrostik) de 210 g. Resistente al agua y con capacidad de trabajo en un rango de temperatura de 0-50°C.

Equipo que posee los siguientes componentes:

- Celda de combustible: PEM, 2W.
- Sistema de almacenamiento de hidrógeno: hidruro metálico para almacenar 14Wh.
- Electrolizador (opcional): 10 l/h.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



CASOS REALES



Planta de generación de electricidad con hidrógeno. Fusina-Italia

Planta de generación de potencia desarrollada por la empresa de energía Enel, la cual usa como combustible hidrógeno. Esta es la primera estación en el mundo en escala comercial que utiliza 100% hidrógeno en sus turbinas (diseñadas por GE). El hidrógeno para esta planta se obtiene de una planta petroquímica cercana a Fusina (Enel, 2014).



PROCESO //

1. 1990: Enel desarrolla un proyecto para realizar investigaciones relacionadas con la generación de energía eléctrica con novedosos sistemas, incluyendo entre ellas la combustión de hidrógeno.
2. 2004: se estableció el proyecto para creación de planta de generación de potencia con hidrógeno con el requerimiento de tener una capacidad instalada de 16MW.
3. 2006- 2007: inicio de montaje de planta en Fusina-Italia (inversión total para construcción € 50.000.000).
4. 2010: inicia operación la planta de Fusina. Inicialmente con generación de 8MW (capacidad instalada 16MW).

RESULTADOS //

- Capacidad instalada de 16MW, actualmente opera 12MW.
- Sistemas de almacenamiento de hidrógeno comprimido y en sistemas hidruros de magnesio (almacenamiento sólido).
- Suministro de energía eléctrica a 20.000 hogares.
- Reducción CO₂ equivalente a 17.000 toneladas por año.
- Emisiones de NO₂ inferiores a 400mg/Nm³.
- Eficiencia del 41,6%. Aprovechamiento de la alta temperatura de los gases para producción de vapor.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



CASOS REALES



Honda FCX

Vehículo desarrollado desde hace más de diez años por Honda, el cual, en su última versión, consiste en un vehículo totalmente eléctrico en el que una celda de combustible de H_2 genera la electricidad para el funcionamiento del motor. Muchos de este tipo de vehículos son híbridos, la energía remanente no utilizada por el motor se almacena en una batería que se utiliza para funciones básicas del auto (Honda, 2014).



PROCESO //

1. 1985-1999: desarrollo de prototipos de vehículos con celdas de combustible de metanol e hidrógeno.
2. 2002: Honda FCX se convierte en el primer carro con celdas de combustible en tener autorización (EPA-Estados Unidos) para comercialización. Honda presenta un sistema híbrido de motor eléctrico y de combustión.
3. 2005: lanzamiento de segunda generación del Honda FCX-II. Vehículos 100% eléctricos con celdas de combustible de H_2 . La principal mejora fue la entrada de la celda Honda FC, que funciona con una membrana electrolítica aromática que permite el funcionamiento a bajas temperaturas.
4. 2008: lanzamiento del Honda FCX-clarity, la última versión de este auto lanzada al mercado con condiciones mejoradas para ser rentable para comercialización.

RESULTADOS //

- FCX-Clarity (última versión): recorrido: 460 km; tiempo de llenado de tanque: cinco minutos; potencia de la celda: 100 kW; densidad de potencia volumétrica y másica: 1,92 y 1,5 kW/kg de H_2 respectivamente y características del tanque: gas comprimido a 350 bar, 172L y 67 kg. Precio aproximado: 140.000 €.
- Mejoras del Honda FCX-Clarity desde la segunda generación: 30% menor el volumen de los tanques y 50 y 60% en mejoras de las densidades de potencia volumétrica y másica respectivamente.
- Vehículo comercializado en Estados Unidos, Japón y Europa. Se calculan doscientos autos de este modelo en el mundo.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



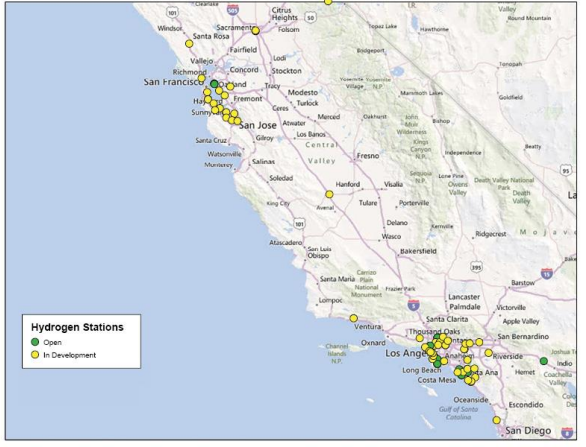
conectamos universidad • empresa • estado

CASOS REALES



Economía del H₂ en California: celdas de combustible para el transporte

Iniciativa desarrollada en el estado de California por la agencia de recursos del aire y la comisión de energía en asocio con seis importantes compañías en el área de los combustibles: Ballard power system, DaimlerChrysler, Ford, BP, Shell-Hydrogen, Chevron y Texaco. El objetivo es demostrar y promover el potencial de las celdas de combustible de H₂ en vehículos, para ello el principal producto es el montaje de estaciones de servicio que soporten el uso del H₂ como combustible (California, s.f.).



PROCESO //

1. 1999: se crea la alianza para el desarrollo de la economía de celdas de combustible en California.
2. 2006: el número de miembros del proyecto creció a treinta y tres los cuales determinaron que los primeros desarrollos de automóviles y primeras demostraciones eran un éxito por lo que determinaron seguir con la iniciativa.
3. 2012: se crea el plan a seguir para tener un sistema de transporte viable con vehículos con celdas de combustible en hidrógeno. La primera acción fue desarrollar todo el sistema de estaciones de servicio, las cuales están y estarán en: Bahía de San Francisco, Berkley, Santa Mónica, este de Los Ángeles, Irvine y Torrance.

RESULTADOS //

- Actualmente se tiene un sistema de veintitrés estaciones de servicio de hidrógeno, para finales de 2016 se esperan mínimo cincuenta y una.
- El número actual de vehículos operados con celdas de combustible de H₂ son menos de doscientos. Se proyecta para el 2020 tener tres mil.
- La estaciones poseen planta de producción de hidrógeno (reformado técnico) con una capacidad instalada de 212 kg/día.

CONCLUSIONES

El almacenamiento de hidrógeno es uno de los principales temas a evaluar cuando se habla de este combustible como vector energético. Actualmente el desarrollo de estos sistemas se encuentra en etapa de investigación y con muy pocas aplicaciones industriales.

- **Almacenamiento de hidrógeno por sistemas no convencionales en etapas de investigación y con algunas tecnologías emergentes en el mercado:** actualmente las tecnologías novedosas de almacenamiento de hidrógeno basadas en fisisorción y quimisorción se encuentran en proyectos de investigación, la tecnología basada en hidruros metálicos es la que se encuentra con mayor desarrollo para aplicaciones industriales.
- **Cuatro países son los principales agentes del uso de H₂ como vector energético:** entre Estados Unidos, Corea del Sur, Japón y Alemania se obtiene más del 90% de la generación de potencia con celdas de combustible.
- **Crecimiento constante del uso de H₂ como vector energético:** en el mundo se encuentran en crecimiento los proyectos macro para implementar sistemas de almacenamiento de hidrógeno. Se espera que para 2025 la demanda de hidrógeno como vector energético sea del 7%.
- **Actualmente se evalúan seis tecnologías de almacenamiento de hidrógeno:** las tecnologías son: gas comprimido, hidrógeno licuado, gas crio-comprimido, almacenamiento sólido por medio de adsorción o de hidruros metálicos y almacenamiento tipo generación-uso.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



CONCLUSIONES



- **Las tecnologías disponibles de almacenamiento de hidrógeno aún no cumplen los objetivos del Departamento de energía de los Estados Unidos:** actualmente los sistemas de almacenamiento de hidrógeno no han logrado superar en simultáneo los tres parámetros fundamentales dispuestos por la DOE como objetivos para el almacenamiento de H₂: capacidad gravimétrica, capacidad volumétrica y densidad de potencia.
- **Los principales mercados del hidrógeno como vector energético son transporte, generación de energía eléctrica fija y sistemas de generación de potencia móvil.**
- **En el mercado hay disponibles muy pocas tecnologías de almacenamiento novedosas:** actualmente en el mercado se encuentran disponibles las tecnologías convencionales de almacenamiento de hidrógeno: gas comprimido, gas licuado y gas crio-comprimido. Entre las tecnologías de almacenamiento sólido sólo se encuentran disponibles los hidruros metálicos.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- Aardahl, C. L., and S. D. Rassat. (2009a). «Overview of systems considerations for on-board chemical hydrogen storage». *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 34. Núm. 16.
- Andrews, J., and B. Shabam. (2012). «Where does hydrogen fit in a sustainable energy economy?» *Procedia Engineering*. Vol. 49. Núm. 1.
- Andujar, J. ., and F. Segura. (2009). «Fuel cells: History and updating. A walk along two centuries». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13. Núm. 1.
- Ballard. (2014). Disponible en: <http://www.ballard.com/>.
- Bockris, J. (2013). «The hydrogen economy: its history». *Hydrogen Energy*. Vol. 38. Núm. 1.
- California. (n.d.). Disponible en: <http://www.fuelcellpartnership.org>.
- Cella. (n.d.). Disponible en: www.cellaenergy.com/.
- Ceramic Fuel Cells. (2014). Disponible en: www.cfcl.com.au.
- CeresPower. (2014). Disponible en: www.cerespower.com/.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- Chank, C. C. (2007). «The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles». *Proceedings of the IEEE*. Vol. 95. Núm.4.
- Dillon, A. ., and M. . Heben. (2001). «Hydrogen storage using carbon adsorbents: past, present and future». *Applied Physics A Materials Science & Processing*. Vol. 72. Núm. 1.
- Dutta, S. (2014). «A review on production, storage of hydrogen and its utilization as an energy resource». *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. 20. Núm.1.
- Enel. (2014). Disponible en: <http://www.enel.it/it-IT/>.
- Fuel cells USA and worldwide. (2015). . Disponible en: <http://www.fuelcells.org/uploads/h2fuelingstations-US4.pdf>.
- FuelCell Energy. (2013). Disponible en: www.fuelcellenergy.com/.
- H2Stations.org. (2015). «Hydrogen Filling Stations Worldwide». Disponible en: <http://www.netinform.net/h2/H2Stations/Default.aspx>.
- Halal, W., and C. Popell. (2014). «Forecast - Techcast: Alternative Energy». Pages 1-13.
- Honda. (2014). Disponible en: www.automobiles.honda.com/.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- *Horizon. (2014). Disponible en: <http://www.horizonfuelcell.com/#!minipak/c156u>.*
- *Huot, J., D. B. Ravnsbæk, J. Zhang, F. Cuevas, M. Latroche, and T. R. Jensen. (2013a). «Mechanochemical synthesis of hydrogen storage materials». *Progress in Materials Science*. Vol. 58. Núm. 1.*
- *Hwang, H. T., and A. Varma. (2014a). «Hydrogen storage for fuel cell vehicles». *Current Opinion in Chemical Engineering*. Vol. 5.*
- *Hydrocel. (2014). Disponible en: www.hydrocell.fi/.*
- *Hydrogen. (2014). Disponible en: www.hydrogentechnologiesinc.com/.*
- *Hydrogen and Fuel Cell Program. (n.d.). Disponible en: <http://www.hydrogen.energy.gov/>.*
- *Hydrogen implementing Agreement. (2012). «IEA-HIA Task 23 Small-scale Reformers for On-site Hydrogen Supply. 2006-2011». Pages 1-154.*
- *Hydrogenics. (2014). Disponible en: <http://www.hydrogenics.com>.*

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- *Hyundai. (2014). Disponible en: www.hyundaiusa.com/tucsonfuelcell/.*
- *IPHE. (2013). «2012 Hydrogen and Fuel Cell Global Commercialization & Development Update». Pages 1-10.*
- *ITM Power. (2014). Disponible en: www.itm-power.com/.*
- *Klebanoff, L. E., and J. O. Keller. (2013a). «5 Years of hydrogen storage research in the U.S. {DOE} Metal Hydride Center of Excellence (MHCoe)». International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 38. Núm.11.*
- *Kustov, L. M., A. L. Tarasov, J. Sung, and D. Y. Godovsky. (2014). «Hydrogen storage materials». Mendeleev Communications. Vol. 24. Núm.1.*
- *Ley, M. B., L. Jepsen, Y.-S. Lee, Y. W. Cho, J. M. Bellosta von Colbe, M. Dornheim, M. Rokni, J. O. Jensen, M. Sloth, Y. Filinchuk, J. Jørgensen, F. Besenbacher, and T. R. Jensen. (2014). «Complex hydrides for hydrogen storage - new perspectives». Materials today. Vol. 17. Núm.3.*
- *Li, M., Y. Li, Z. Zhou, P. Shen, and Z. Chen. (2009). «Ca-Coated Boron Fullerenes and Nanotubes as Superior Hydrogen Storage Materials». Nano Letters. Vol. 9. Núm.5.*
- *Linde. (2014). Disponible en: www.linde-gas.com/.*

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- Mao, S. S., S. Shen, and L. Guo. (2012a). «Nanomaterials for renewable hydrogen production, storage and utilization». *Progress in Natural Science: Materials International*. Vol. 6. Núm. 1.
- Mao, S. S., S. Shen, and L. Guo. (2012b). «Nanomaterials for renewable hydrogen production, storage and utilization». *Progress in Natural Science: Materials International*. Vol. 22. Núm. 6.
- Marbán, G., and T. Valdés-Solis. (2007). «Towards the hydrogen economy?» *Hydrogen Energy*. Vol. 32. Núm. 1.
- Mazzucco, A., M. Dornheim, M. Sloth, T. Jensen, J. O. Jensen, and M. Rokni. (2014). «Bed geometries, fueling strategies and optimization of heat exchanger designs in metal hydride storage systems for automotive applications: A review». *Hydrogen Energy*. Vol. 39. Núm. 1.
- McPhy energy. (2014). Disponible en: <http://www.mcphy.com/en/>.
- Nissan. (2014). Disponible en: www.nissanusa.com/.
- Ogden, J. (2010). «Hydrogen as an Energy Carrier: Outlook for 2010, 2030 and 2050». Pages 1-24 *The 10-50 Solution: Technologies and Policies for a Low-Carbon Future*.
- Pukazheselvan, D., V. Kumar, and S. K. Singh. (2012). «High capacity hydrogen storage: Basic aspects, new developments and milestones». *Nano energy*. Vol. 1. Núm. 1.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- *Quantum*. (2014). Disponible en: www.qtw.com/.
- *Royal Belgian Academy Council*. (2006). «Hydrogen as an energy carrier». Pages 1-40.
- *Sanghai, Y.* (2014). «Techno-Economic Analysis of Hydrogen Fuel Cell Systems Used as an Electricity Storage Technology in a Wind Farm with Large Amounts of Intermittent Energy».
- *Strobel, A., J. Garche, P. T. Moseley, L. Jorissen, and W. G.* (2006). «Hydrogen storage by carbon materials». *Journal of Power Sources*. Vol. 159. Núm. 1.
- *The Ecole des Mines D'Albi-Carmaux*. (2010). «Small-scale reforming systems for hydrogen refuelling stations». Pages 1-39.
- *The Partnership for Advancing the Transition to Hydrogen (PATH)*. (2011). «Annual Report on World Progress in Hydrogen».
- *Toyota*. (2014). Disponible en: <http://www.toyota.com/fuelcell/>.
- *U.S Department of Energy*. (2011). «The Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program Plan». Pages 1-92.
- *U.S department of energy*. (2013). «2012- Fuel Cell Technologies Market Report». Pages 1-74.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS

- Veluswamy, H. P., R. Kumar, and P. Linga. (2014a). «Hydrogen storage in clathrate hydrates: Current state of the art and future directions». *Applied Energy*. Vol. 122.
- Verbecke, F., and AREVA Energy Storage. (2014). «Safety aspects of new energy carriers (focus on Hydrogen) from Firefighter's point of view». Pages 1-30 *New Energy World JU*.
- Verhelst, S. (2014). «Recent progress in the use of hydrogen as a fuel for internal combustion engines». *Hydrogen Energy*. Vol. 39. Núm.1.
- Xiao, B., and Y. Qingchun. (2009). «Nanoporous metal organic framework materials for hydrogen storage». *Particuology*. Vol. 7.
- Yürüm, Y., A. Taralp, and T. N. Veziroglu. (2009). «Storage of hydrogen in nanostructured carbon materials». *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 34. Núm.9.
- Zhou, L. (2005a). «Progress and problems in hydrogen storage methods». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 9. Núm.4.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



REFERENCIAS IMAGENES

- Imagen IRMOF-1. Atribución: Tony Boehle. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Sodium-hydride-3D. Atribución: Ben Mills. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Lagring av hydrogen. Atribución: ndla. Disponible en: <http://ndla.no/nb/node/5277>.
- Imagen Liquid Hydrogen tank at Cape Canaveral. Atribución:Paul Heather. Disponible en: <https://www.flickr.com/>.
- Imagen IMG_4784. Atribución: Antti T. Nissinen. Disponible en: <https://www.flickr.com/>.
- Imagen Storage vessel Atribución: h2tools. Disponible en: http://h2tools.org/bestpractices/storage/compressed_gas/storage_vessels

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



ENERGÍA

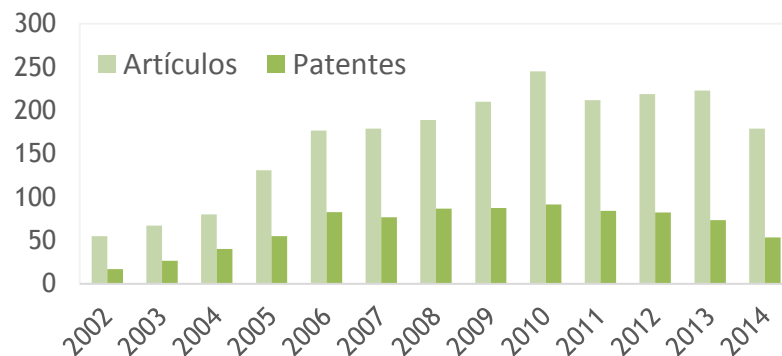
3. MERCADO DE TECNOLOGÍA

En este capítulo se evidencia el comportamiento científico y tecnológico a nivel mundial, las tendencias tecnológicas emergentes y el nivel de madurez de los hallazgos; además, las principales instituciones líderes que pueden apoyar cada área de oportunidad desde el ámbito científico y tecnológico.



TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EMERGENTES- MATERIALES Y GENERACIÓN-USO

- Investigación ha sido dominada en los últimos diez años por los hidruros: las temáticas de investigación de acuerdo a los artículos son: 12% nanomateriales, 15% MOF, 20% reformers y 51% hidruros.
- Investigación naciente en MOF y nanomateriales: la investigación en estas áreas se evidencia en artículos desde aproximadamente el 2004.
- Tendencia constante para el desarrollo tecnológico en los últimos diez años: los desarrollos evidenciados en patentes por año en los últimos diez años muestran cantidades similares de protecciones, las cuales se dividen así: 8% MOF, 45% reformers (principalmente en estaciones de servicio) y 47% hidruros (tanques y materiales compuestos).



PATENTES //

METAL ORGANIC FRAMEWORKS (MOF)

Nuevos MOF y procedimientos para obtenerlos con diferentes propiedades: diversos clúster metálicos, geometrías, materiales compuestos en matriz polimérica o en materiales carbonosos.

HIDRUROS: TANQUES Y MATERIALES COMPUESTOS

Tanques de almacenamiento de H₂ por medio de hidruros metálicos compuestos y convencionales con implementación de sistemas novedosos de transferencia de calor.

GENERACIÓN IN- SITU: PRODUCCIÓN-USO

Generación in situ de H₂ que requiere pocos o ningún sistema acoplado de almacenamiento. La tecnología en desarrollo consiste en reformadores pequeños para estaciones de servicio y en menor medida electrolizadores.

PUBLICACIONES //

METAL ORGANIC FRAMEWORKS (MOFs)

Búsqueda y potencialización de MOF (a través de modelos y experimentación) principalmente para mejorar adsorción a condiciones ambiente.

HIDRUROS

Nuevos hidruros, modificación de estructuras y propiedades por medio de un agente externo y mejoras en absorción por cambios en el tanque.

NANO-MATERIALES: CARBONOSOS Y MATRICES POLIMÉRICAS

Nanomateriales de carbono: CNT, carbones activados micro porosos, etc. Nanomateriales en forma de matrices poliméricas: poliacetileno, polianilina, polipirrol y poliestireno.

GENERACIÓN IN- SITU: PRODUCCIÓN-USO

Generación on-site de H₂ para ser utilizado directamente en el lugar de uso final. La tecnología consiste, principalmente, en reformadores pequeños y en menor medida electrolizadores.

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



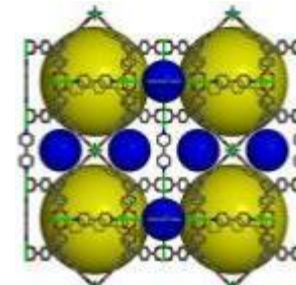
TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN - MATERIALES Y GENERACIÓN-USO

TENDENCIA //

DESCRIPCIÓN //

MOF MODIFICADOS

La investigación en MOF se ha incrementado desde 2003 cuando se abordó como material de almacenamiento de H_2 . Actualmente se busca modificar las propiedades de estos materiales por medio de procedimientos que intervienen sobre sus propiedades: generación de sitio metálico abierto, dopaje con iones huéspedes metálicos, adición a la superficie de nanopartículas de Pt y Pd, modificación estructural con diferentes bases orgánicas (alquenos y aromáticos) y sistemas híbridos de MOF con materiales que posean absorción química.



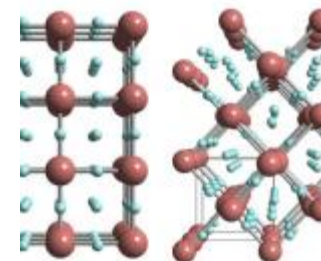
MODIFICACIONES EN I.C-TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDRUROS

El proceso de intercambio de calor (I.C) ha mostrado ser el proceso controlante en los sistemas de almacenamiento de H_2 con hidruros. Debido a esto se viene investigando en metodologías para mejorar este I.C a través de: mezcla de hidruros o peletización con materiales conductores, tubos de calor e intercambiadores de calor adaptados al interior de los tanques, modificaciones en los materiales del tanque y de los fluidos para I.C y mezclado al interior del tanque para mejor contacto con el H_2 .



HIDRUROS EN MATERIALES COMPUESTOS

La creación de materiales compuestos de hidruros con materiales desestabilizantes o carbonosos ha mostrado que permite mejorar la absorción química del hidruro debido a que disminuye la energía requerida y mejora la velocidad para la adsorción y liberación del hidrógeno. Entre los sistemas carbonosos utilizados están: paredes de nanotubos de carbono, materiales de grafeno y polvos de grafito y antracita. Entre los materiales desestabilizantes se encuentran principalmente materiales de litio y níquel.



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



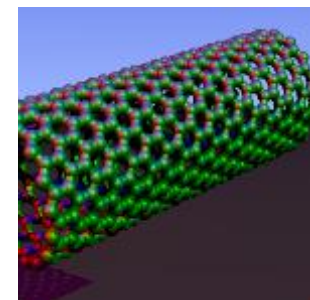
TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN - MATERIALES Y GENERACIÓN-USO

TENDENCIA //

DESCRIPCIÓN//

ADSORCIÓN EN NANOMATERIALES DE CARBONO

Los nanomateriales carbonosos se presentan como una herramienta prometedora debido a su amplia disponibilidad y estabilidad. Los principales nanomateriales carbonosos evaluados son: nanotubos de carbono (CNT), carbones microporos activados, nanofibras gráficas, nanoestructuras de grafeno, fullerenos y algunos de estos materiales dopados con metales de transición. Ninguno actualmente cumple con los requisitos del DOE pero se evidencia que las modificaciones a los materiales carbonosos mejorará mucho la capacidad volumétrica y gravimétrica, principalmente para los CNT .



REFORMERS: EFICIENCIA DE PROCESO-CATALIZADORES

La producción actual de H_2 para estaciones de servicio por medio de reformadores on-site es cerca del 30%. El principal avance en investigación para mejorar la eficiencia de estos sistemas está en el área de diseño de nuevos catalizadores, soportes de catalizadores y distribución de estos dentro del reformador (i.e. reactores de membrana, CPHE, microreactores, etc). Con esto se pretende mejorar la selectividad hacia H_2 , disminuir la producción de compuestos azufrados y CO, además de la disminución de coquización y requerimientos de metales nobles.



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



MERCADO DE TECNOLOGÍA

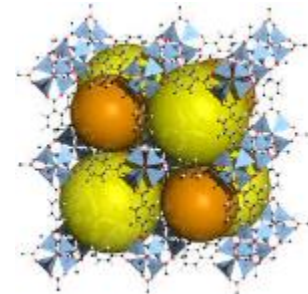
TENDENCIAS EN DESARROLLO TECNOLÓGICO-MATERIALES

TENDENCIA //

DESCRIPCIÓN //

MOF - MATERIAL CARBONOSO

Convencionalmente la estructura de los MOF se presenta en un espacio vacío que puede ser potencializado para mejorar la adsorción del H_2 ; de esta manera se observa como tendencia tecnológica el desarrollo de materiales compuestos entre MOF y materiales carbonosos, donde estos últimos se encargan de llenar los espacios vacíos mejorando la capacidad de adsorción. Los procedimientos patentados para MOF incluyen, entre los materiales carbonosos: nanotubos de carbono, grafeno y carbón activado.



TANQUES DE MATERIAL COMPUESTO DE HIDRUROS METÁLICOS

Los desarrollos tecnológicos en el caso de los hidruros corresponden principalmente a sistemas de almacenamiento con novedosas estrategias de intercambio de calor entre las que se han evidenciado: sistemas tubulares de almacenamiento-intercambio de calor, mezcla de hidruros con material conductor, entre otros. Para estos tanques se evidencian materiales compuestos de hidruros, como ejemplo: hidruro metálico con matriz grafeno, hidruros -MOF, mezclas de diferentes hidruros.



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



TENDENCIAS EN DESARROLLO TECNOLÓGICO-GENERACIÓN-USO

TENDENCIA //

DESCRIPCIÓN//

REFORMADORES DE PEQUEÑA ESCALA PARA ESTACIONES DE SERVICIO PARA VEHÍCULOS

Producción de hidrógeno en la propia estación de servicio mediante una microplanta de reformado (con vapor o catalítico), en la que se producirá una mezcla de H_2 y otros gases. Las tendencias se centran principalmente en cuatro áreas: 1) variedad de combustibles: hidrocarburos, alcoholes bio-combustibles y combustibles sintéticos, siendo las de más reciente desarrollo alcoholes y bio-combustibles, 2) sistemas de separación y purificación del H_2 , 3) diseño compacto (i.e micro-reactores), seguro y continuo y 4) eficiencia energética por recuperación de calor y 5) eficiencia del catalizador.



ELECTROLIZADOR ACOPLADO A VEHÍCULOS

Los altos requerimientos energéticos de los electrolizadores los hacen menos atractivos comparados con los reformers para la generación de H_2 en estaciones de servicio para alimentar los automóviles; sin embargo, los desarrollos tecnológicos en esta área evidencian una creciente tendencia en el desarrollo de electrolizadores acoplados a celdas de combustible en los automóviles, donde la materia prima es básicamente agua y energía. Los sistemas actuales se presentan principalmente como sistema de respaldo a automóviles convencionales.



Lidera:

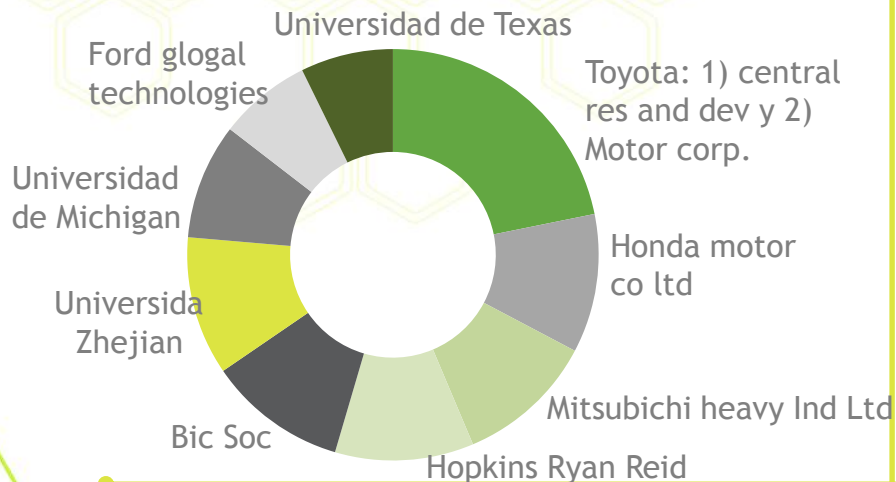


EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

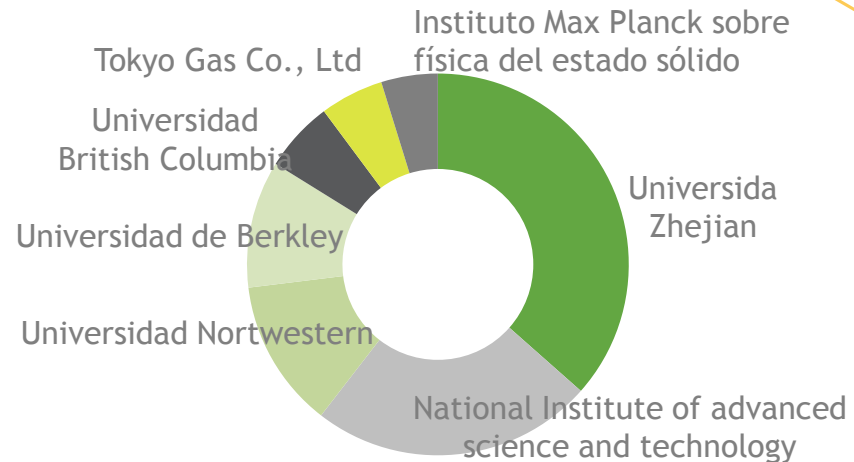
Ejecuta:



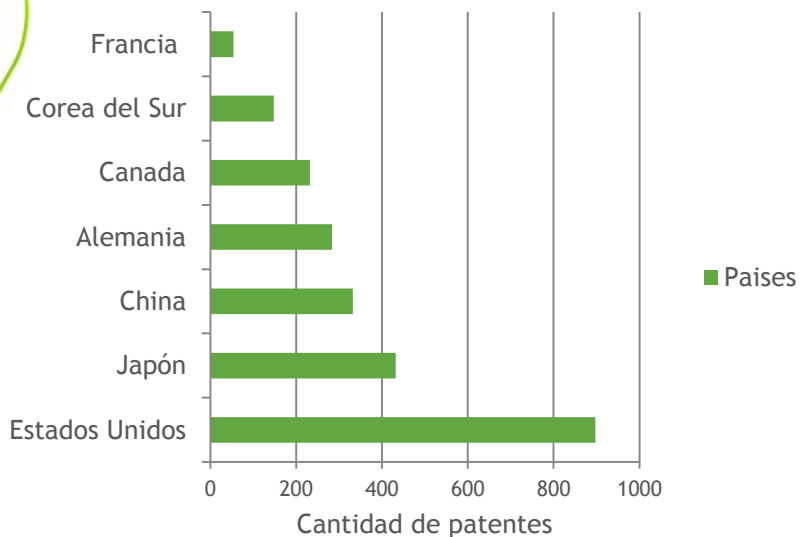
PATENTES //



ARTÍCULOS //



PAÍSES DE PROTECCIÓN //



AUTORES //

Metal Organic Frameworks (MOF)

- Randall Snurr
- Jeffrey R. Long

Hidruros

- Qidong Wang
- Sakai, Tetsuo

Nanomateriales

- Sun, Qiang
- Jena, Puru

On-site reformers

- Elnashaie, Said Salah Eldin Hamed
- Yasuda, Isamu

CITACIONES //

- 19 papers (896 citaciones)
- 16 papers (4.245 citaciones)
- 41 papers (672 citaciones)
- 32 papers (971 citaciones)
- 13 papers (510 citaciones)
- 8 papers (516 citaciones)
- 7 papers (131 citaciones)
- 6 papers (26 citaciones)

Lidera:



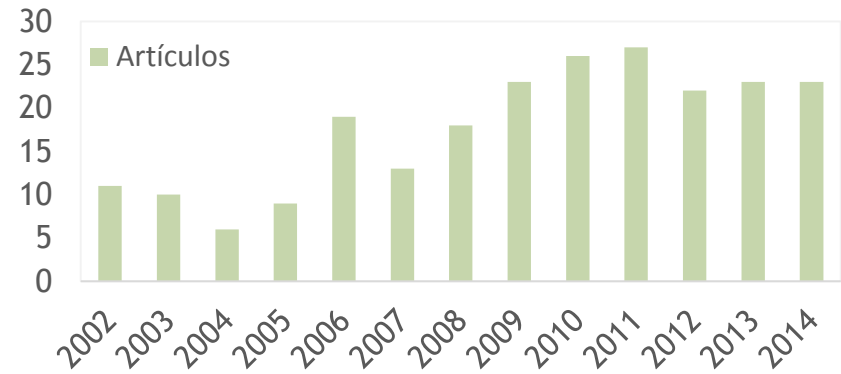
EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EMERGENTES-DISTRIBUCIÓN Y SEGURIDAD

- **Investigación en distribución de H₂:** la investigación en esta área corresponde a metodologías para modelar (líneas de distribución y transporte por tanques) y métodos de distribución novedosos.
- **Investigación en seguridad para sistemas de almacenamiento y distribución de H₂:** en esta área se destacan los sistemas de seguridad para el transporte de hidrógeno y los métodos para contención de fugas y explosiones.



MODELOS MATEMÁTICOS PARA DISTRIBUIR ESTACIONES Y REDES DE H₂

Estrategias matemáticas que soportan el diseño de redes de tuberías y estaciones de servicio: SIG, método de ajuste de fuentes, métodos heurísticos, análisis energéticos, económicos, políticos y medio ambientales.

MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN NOVEDOSOS

Transportadores líquidos y gaseosos de hidrógeno para ser convertidos a H₂ en el sitio donde se utilizarán.

REDES DE TUBERÍAS Y TRANSPORTE DE H₂-SEGURIDAD

Sistemas de seguridad para redes de H₂ y transporte en tierra: materiales de redes de tubería, sistemas de detención en pavimentos y sensoriales (odorantes). Sistemas de alerta temprana y predictivos.

MÉTODOS DE BARRERA PARA CONTENCIÓN DE FUGAS Y EXPLOSIONES DE H₂

Tecnologías de barreras incorporadas alrededor de los sistemas de almacenamiento y distribución de H₂ para hacer contención a fugas y explosiones. Los tipos de barreras que se encuentran como tendencia tecnológica incluyen principalmente paredes de diversos materiales y configuraciones.

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

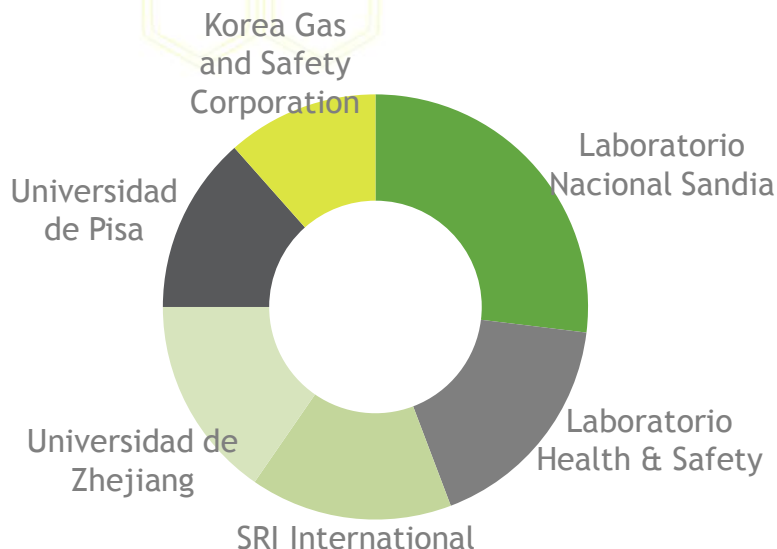


MERCADO DE TECNOLOGÍA



TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EMERGENTES -DISTRIBUCIÓN Y SEGURIDAD

ARTÍCULOS //



AUTORES //

- Schefer, Rober y Houf, William
- Evans, Greg H.
- Carcassi, Marco Nicola
- Venetsanos, A.G.
- Khalil, Yenja F.
- Groethe, Mark A.
- Willoughby, Derah B.

CITACIONES //

- 11 paperes (142 citaciones)
- 8 papers (31 citaciones)
- 7 papers (19 citaciones)
- 6 papers (6 citaciones)
- 6 papers (21 citaciones)
- 6 papers (21 citaciones)
- 6 papers (26 citaciones)

PATENTES //

Patentes para redes de distribución y sistemas de seguridad

No se evidencian muchas protecciones para los dos casos: 1) sistemas de distribución y 2) sistemas de seguridad para distribución y almacenamiento de H₂. A continuación se presentan algunos casos puntuales que muestran la tendencia de los desarrollos tecnológicos en estas áreas.

DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO



BMW

Sistemas para almacenamiento y distribución de hidrógeno como LOHC, en este caso se desarrolla la materia prima (i.e carbazol) y el tanque.

www.bmw.com



Linde

Tecnologías para distribución de H₂ gaseoso: diseño de redes, materiales y métodos (i.e transporte en co-corriente con gas natural).

www.linde.com

SISTEMAS DE SEGURIDAD



Mitsubishi International GmbH

Métodos para detección de fugas de hidrógeno: gas trazador y detector de gases para usarse bajo y sobre la superficie de las líneas de H₂.

www.mitsubishicorp.com



Universidad de Zhejiang

Sistemas de válvulas y materiales de tuberías para la distribución segura partiendo de almacenamiento sólido de H₂.

www.zju.edu.cn

Ver patentes en anexos patentes

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad-empresa-estado

TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN - DISTRIBUCIÓN Y SEGURIDAD

TENDENCIA //

DESCRIPCIÓN //

MODELOS MATÉMICOS DE REDES DE SERVICIO

Modelos matemáticos para soportar el diseño de redes de distribución. Entre los modelos matemáticos identificados se encuentran: SIG, método de ajuste de fuentes, métodos heurísticos, análisis energéticos, económicos, políticos y medioambientales. Los casos exitosos de estos modelos se evidencian en donde han sido utilizados para el diseño de sus redes de servicio: Japón y el estado de California en los Estados Unidos.



TRANSPORTE DE H₂ POR REDES DE TUBERÍA: SEGURIDAD

Actualmente el proceso de transporte de grandes volúmenes de hidrógeno es más económico por redes de tuberías. Sin embargo, el capital inicial y las condiciones de seguridad constituyen los desafíos en esta área. En cuanto al área de seguridad dos aspectos principales se abordan desde la investigación: 1) nuevos materiales y sistemas de apoyo como tuberías tipo X70 y X80 y refuerzos con concreto y 2) sistemas para detectar el H₂ como detectores acoplados a pavimentos y sistemas organolépticos que funcionen a grandes distancias.



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN - DISTRIBUCIÓN Y SEGURIDAD

TENDENCIA //

DESCRIPCIÓN//

TRANSPORTADORES LÍQUIDOS DE H₂

Los transportados líquidos de H₂ corresponden a compuestos que en su estructura tienen una buena proporción de moléculas de H₂ y que pueden ser transportados más fácilmente que el H₂ gaseoso. Entre estas sustancias se encuentran: LOHC (transportadores líquidos de hidrógeno), etanol, sustancias similares al diésel, cicloalcanos, ciclohexanos, y uno de los de mayor potencial, el amoníaco. Debido al posible manejo de estas sustancias a temperatura ambiente pueden ser transportadas dentro de los sistemas existentes para transporte de hidrocarburos.



PAREDES DE CONTENCIÓN DE FUGAS Y EXPLOSIONES DE H₂

El uso de barreres para contener fugas y mitigar el efecto de las explosiones viene siendo una tendencia para garantizar las condiciones de seguridad en estaciones de servicio y en general en lugares donde se transporte y se tenga H₂ confinado. Las principales investigaciones en paredes resulta en configuraciones de los espacios de confinamiento (i. e ángulos entre paredes de 135° y 90°), grosor de las paredes y materiales de construcción (concretos, cementos / concretos, etc.).



Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

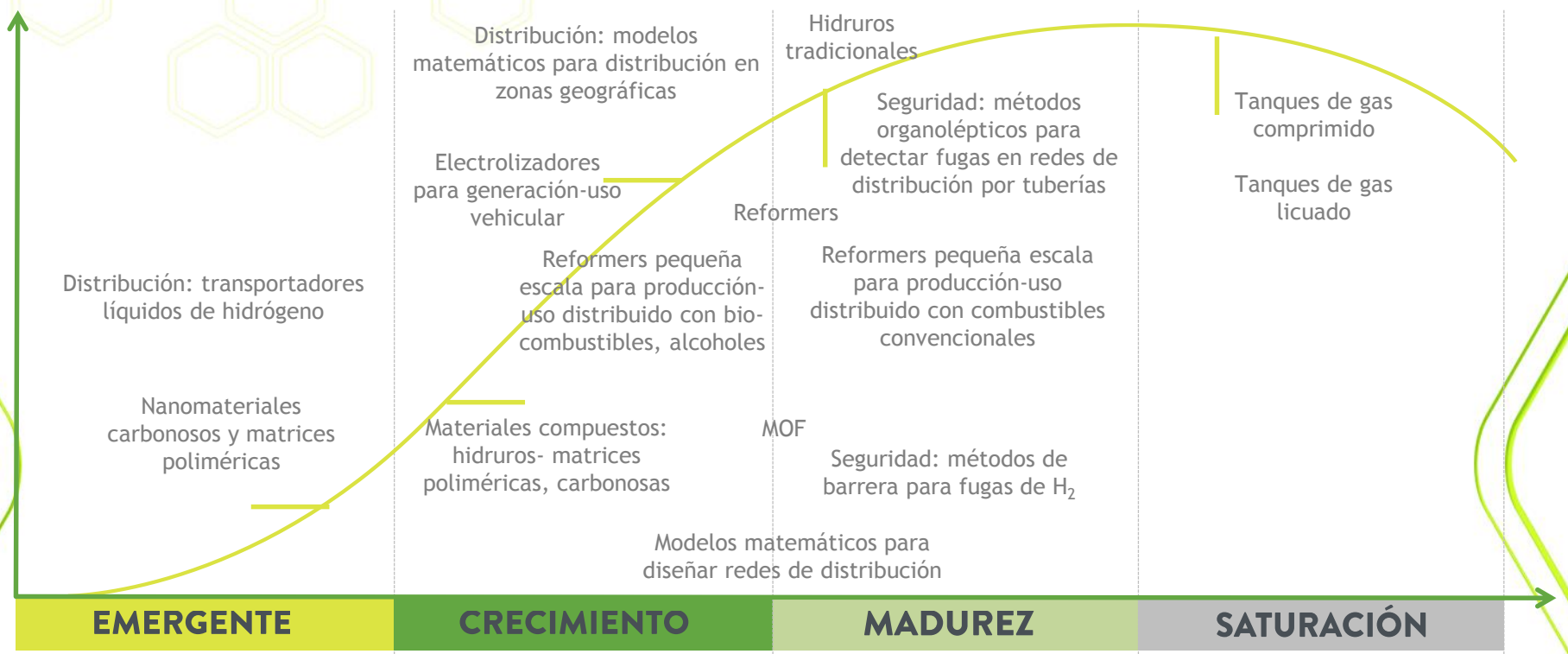
Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



NIVEL DE MADUREZ



EMERGENTE

CRECIMIENTO

MADUREZ

SATURACIÓN

La tecnología parece prometedora, pero su uso está restringido a centros de investigación o empresas innovadoras que la generan. Dada la novedad de la tecnología, la información se encuentra principalmente en artículos científicos.

Inicio del crecimiento de la tecnología haciéndose progresivamente más útil en entornos cada vez más amplios. Una vez los desarrollos se empiezan a llevar a la escala industrial las fuentes de información se transforman en patentes o alianzas en R&D y Joint ventures.

La tecnología presenta niveles de rendimiento satisfactorios generalizando su utilización. Expansión de la tecnología con su producción científica y número de patentes.

La tecnología es conocida y dominada por muchas personas y en muchas partes por un periodo aproximado de diez años. No es posible alcanzar mejoras de rendimiento, por tanto la tecnología entrará en una fase de «letargo» hasta que surja otra tecnología que la desplace.

Lidera:

EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



UNIVERSIDAD DE ZHEJIANG

La Universidad de Zhejiang se conforma en 1998 por la fusión de diferentes universidades importantes de la zona, posicionándose como una de las diez más importantes de China. Sus actividades están basadas principalmente en ciencias básicas e ingeniería, siendo el departamento de Ingeniería Química -al que pertenecen los principales adelantos en hidruros metálicos del mundo- uno de los departamentos más reconocidos.

www.zju.edu.cn

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Producción (i.e . deposición física de vapor), evaluación (i.e. XRD) y caracterización de hidruros metálicos (características de adsorción-desorción y condiciones de operación).
2. Hidruros metálicos livianos, complejos y materiales compuestos de hidruros metálicos y base polimérica / carbonosa.
3. Baterías secundarias de Nickel / hidruro metálico para almacenamiento de hidrógeno, con una capacidad de hasta 700MP.
4. Seguridad: modelos computacionales (principalmente CFD) para evaluar fugas de H₂ en taques de almacenamiento, evaluación de paredes y sistemas de contención de fugas y explosiones de H₂ en espacios abiertos y confinados.
5. Patentes: 1) Material y método de preparación de hidruros livianos de alta capacidad: compuestos de borohidruro de litio; 2) Nuevos hidruros de sodio-aluminio y aleación de tierras raras-níquel y 3) Tanques de almacenamiento que incluyen hidruros, diseño de contenedor y accesorios.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



UNIVERSIDAD DE NORTHWESTERN

Universidad privada de Estados Unidos con campus en Evanston, Illinois. En el departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería se realiza la investigación relacionada con las tecnologías de almacenamiento sólido de hidrógeno y las tecnologías relacionadas como celdas de combustible y baterías.

www.northwestern.edu/

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. MOF modificadas con generación de sitios metálicos expuestos, modificación de conectores orgánicos y sustitución de aniones y cationes en la red.
2. Evaluación experimental y computacional por medio de técnicas de simulación tipo ab initio y Monte Carlo de MOF.
3. Aplicaciones de hidruros metálicos para uso vehicular. Esta universidad hace parte del comité del grupo del DOE - Estados Unidos para evaluar y fomentar el desarrollo de este tipo de aplicaciones.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

INSTITUTO MAX PLANCK PARA INVESTIGACIÓN SOBRE FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

División del instituto Max Planck que se dedica a estudiar materiales en estado sólido, los cuales incluyen: metales, cerámica, estructuras carbonosas y cristales de moléculas orgánicas. Entre sus áreas de interés principales se encuentran los nanomateriales para diversas aplicaciones, entre las que se incluyen nanomateriales para almacenamiento de hidrógeno, baterías, superconductores, entre otros.

www.mpg.de/153319/festkoerperforschung

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Materiales híbridos para almacenamiento de hidrógeno: MOF-hidruros complejos, materiales microporosos-hidruros, MOF y materiales nanocompuestos basados en materiales carbonosos (i.e carbonos porosos / hidruro metálico).
2. Hidruros metálicos livianos para almacenamiento de hidrógeno a temperaturas altas (superiores a las convencionales).
3. Almacenamiento de hidrógeno por fisiorción en nanomateriales de carbono, enfocados en nanotubos de carbono.
4. Evaluación y mejoras de MOF, principalmente Zn-MOF y Cu-MOF.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



THE
UNIVERSITY OF
BRITISH
COLUMBIA

UNIVERSIDAD DE BRITISH COLUMBIA

Universidad pública de Canadá catalogada como la segunda universidad en importancia en este país y la número 30 de Norteamérica. De esta institución hacen parte el Clean Energy Research Center (Centro de Investigación en Energía Limpia) y los departamentos de Ingeniería Química y Mecánica de donde provienen las principales publicaciones relacionadas con reformadores tipo on-site para producir hidrógeno.

www.ubc.ca

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Montaje de plantas piloto de tecnologías convencionales y no convencionales para realizar reformado por vapor de metano para producción de hidrógeno. Entre sus tecnologías más novedosas se destacan: reactor de membrana de multicanal y reformador de membrana de lecho fluidizado.
2. Evaluación de tecnologías novedosas como por ejemplo reformador de lecho fluidizado burbujeante para hidrocarburos pesados y reformado interno directo por vapor de metano por medio de herramientas matemáticas (i.e Aspen Plus).
3. Evaluación de catalizadores, configuraciones mecánicas y condiciones de operación novedosas para sistemas tradicionales de reformado por vapor de metano.
4. Investigación en optimización de la cadena de producción de hidrógeno: generación, transporte, almacenamiento y uso en celdas de combustible.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



**Sandia
National
Laboratories**

Laboratorio Nacional Sandia

Los dos laboratorios que hacen parte del laboratorio Nacional Sandia localizados en Albuquerque (Nuevo México) y en Livermore (California) son reconocidos como los mejores laboratorios nacionales de investigación y desarrollo del Departamento de Energía de los Estados Unidos. En el tema de seguridad para almacenamiento, manipulación y transporte de hidrógeno se destaca el laboratorio ubicado en California.

www.sandia.gov/

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Evaluación de estaciones de abastecimiento de H_2 por medio de reformers y electrolizadores. Sandia ha participado en el proyecto H_2 FIRST para el establecimiento de la infraestructura del H_2 en Estados Unidos
2. Barreras tipo paredes para mitigación de fugas y explosiones de H_2 .
3. Investigación en diferentes tipo de llamas de H_2 y configuraciones de celdas de combustible para la minimización de riesgos para aplicaciones estacionarias.
4. Caracterización de llamas y configuraciones de barreras en espacios abiertos y confinados.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



TOYOTA

Fabricante de automóviles japonés con sede en Toyota (Aichi), Japón, es una compañía que desde el área de investigación y desarrollo se ha dedicado a evaluar y diseñar productos para reemplazar sus sistemas de combustión tradicionales por sistemas que apliquen en la economía limpia, en este caso la economía del hidrógeno. Sus dos centros principales de investigación en esta área son: 1) Centro de Investigación y 2) Centro de Desarrollo en Motores.

<http://www.toyota.com/>

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Materiales y metodologías para la obtención de hidruros compuestos: 1) hidruros / sal metálica, 2) hidruro metálico, compuestos de metal-amida y fulerenos.
2. Tanques de almacenamiento de hidruros complejos con énfasis en diseño para aplicaciones vehiculares.
3. Electrólisis acoplada a celdas de combustible integradas a motores de vehículos pequeños y buses.
4. Reformers con combustibles tradicionales y bio-combustibles para aplicaciones en estaciones de servicio.
5. Sistemas de seguridad para tanques de almacenamiento de hidrógeno.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



UNIVERSIDAD DE MICHIGAN

Universidad pública estadounidense ubicada en el estado de Michigan cuyo campus principal se encuentra en Ann Arbor y tiene otros campus menores en Flint y Dearborn. Es una de las universidades públicas de mayor prestigio en Estados Unidos. En el área de almacenamiento de hidrógeno se ha enfocado en sistemas de almacenamiento sólido por fisisorción.

<https://www.umich.edu/>

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Modificaciones estructurales a MOF convencionales para aumentar trabajo a condiciones ambiente y mejorar capacidad de adsorción. Una de las principales patentes consiste en materiales y métodos de preparación de MOF microporos con sitios metálicos expuestos.
2. Materiales compuestos de MOF-hidruros metálicos livianos para almacenamiento de hidrogeno en condiciones ambiente.
3. Evaluación y mejoras de MOF, principalmente de Zn-MOF.
4. Nanomateriales de carbono. A pesar de no estar muy desarrollados en patentes han elaborado metodologías para crear nanotubos de carbono y grafenos para el almacenamiento de hidrógeno.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



**FORD GLOBAL
TECHNOLOGIES, LLC**

FORD GLOBAL TECHNOLOGIES LLC

División de la compañía Ford que se dedica a patentar y asesorar los desarrollos tecnológicos que se generan en la compañía de automóviles multinacional. En el área de desarrollos para la economía del hidrógeno, Ford presenta muchos avances en incorporaciones de tanques para almacenamiento sólido acopados a celdas de combustible para el reemplazo de los sistemas convencionales.

www.ford.com/

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Desarrollo de materiales compuestos de hidruros en matrices cerámicas y poliméricas con énfasis en diseño para aplicaciones vehiculares.
2. Tecnología de sistemas híbridos de almacenamiento de hidrógeno: 1) Pellet de dos compuestos que corresponden a material adsorbente (MOF o COF (Covelent organic framework)) y materiales conductor; y 2) sistemas de almacenamiento con dos materiales con capacidad gravimétricas diferentes: hidruro metálico / carbón activado, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, MOF.
3. Desarrollo de diseños de tanques livianos para hidruros y MOF.
4. Ingeniería de los sistemas de intercambio de calor para los tanques de almacenamiento de hidruros metálicos.
5. Sistemas de seguridad para tanques de almacenamiento de hidrógeno: herramientas organolépticas.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



Alcaldía de Medellín

LÍDERES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



HONDA MOTOR CO.

Compañía pública multinacional japonesa que se dedica principalmente a desarrollar automóviles, motocicletas y equipos de potencia. Debido a la incorporación en el mercado del H₂ con diferentes tipos de automotores (i.e Honda FX), esta compañía se ha dedicado a desarrollar y colaborar en el desarrollo de tecnologías requeridas para potencializar el uso de autos de H₂: tanques de almacenamiento y estaciones de servicio.

www.honda.com

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Planta de producción de H₂ a escala doméstica para uso en sistemas vehiculares.
2. Estaciones de servicio con las siguientes tecnologías:
 - Planta para generación de H₂ por electrolisis con energía solar.
 - Reformado por vapor de gas natural.
3. Sistema de llenado de tanques de H₂ vehiculares, los cuales incluyen: tanque de almacenamiento en estación de servicio, válvulas, tuberías y procedimientos de manipulación.
4. Sensores para detectar fugas de hidrógeno en estaciones de servicio y en automóviles.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



LÍDERES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



MITSUBISHI

Grupo de compañías multinacionales japonesas que se dedican a una amplia gama de negocios que comparten área administrativa, legal y marca. Dentro del grupo Mitsubishi, relacionado con la economía del H₂, se destaca la compañía Mitsubishi Motors que se dedica a la producción de automóviles y servicios complementarios para esta área de negocio.

www.mitsubishi-motors.com/

TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Desarrollo de sistemas y metodologías para el suministro de hidrógeno en estaciones de servicio y por medio de producción móvil. Estas tecnologías incluyen los diferentes equipos utilizados en la cadena de producción (i.e tanques, válvulas, tuberías), así como los sistemas de seguridad..
2. Materiales para sellado de tanques de almacenamiento de hidrógeno para aplicaciones en alta presión.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



CONCLUSIONES

La investigación y el desarrollo tecnológico en los temas de almacenamiento y distribución de H_2 presentan dos áreas principales de desarrollo: 1) materiales de almacenamiento y on-site reformers y 2) sistemas de seguridad y distribución.

- **Investigación y desarrollos tecnológicos para hidruros enfocados principalmente a mejoras en eficiencias de tanques de almacenamiento e hidruros compuestos:** la investigación en hidruros sigue siendo la más desarrollada para el almacenamiento sólido de hidrógeno debido a los requerimientos de sistemas livianos para aplicaciones prácticas; actualmente, la investigación y el desarrollo de tecnología hace referencia principalmente al área de mejoras en los tanques (intercambio de calor) y materiales compuestos o combinados (i.e hidruros / MOF, materiales carbonosos).
- **Almacenamiento de hidrógeno por medio de MOF en investigación y primeros desarrollos tecnológicos:** la investigación en MOF enfocados en el almacenamiento de hidrógeno se evidencia solamente desde 2004, cuando se hacen las primeras publicaciones de este tema. Desde entonces, algunos desarrollos tecnológicos se presentan principalmente promovidos por empresas interesadas en almacenamiento sólido de H_2 para aplicaciones vehiculares.
- **Materiales carbonosos para almacenamiento sólido de H_2 en etapa de investigación:** los materiales carbonosos tales como nanotubos de carbono, grafeno, carbones microporosos, entre otros están en etapa de investigación para almacenamiento de H_2 . Adicionalmente a la investigación de las propiedades de estos materiales se investiga el comportamiento en cuanto a la capacidad de adsorción cuando están combinados con otros materiales tales como MOF e hidruros.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



CONCLUSIONES

- **Generación on-site de H₂ por medio de reformers a pequeña escala:** actualmente existen montajes de plantas piloto de reformers para producción on-site de H₂, principalmente en los países que han desarrollado más proyectos relacionados con la economía del hidrógeno: Estados Unidos, Japón, Alemania y Corea del sur. Las nuevas investigaciones y desarrollos tecnológicos hacen referencia a las mejoras de estos procesos, principalmente desde el punto de vista de eficiencia del catalizador y energética.
- **Metodologías y modelos de distribución de H₂ en etapa de investigación:** la investigación en metodologías para distribución de H₂ va desde las tecnologías utilizadas para otros gases, como redes y tanques de almacenamiento, hasta metodologías novedosas como LOHC (transportadores líquidos orgánicos de H₂) en las que se ven los primeros desarrollos tecnológicos presentados en patentes. Adicional a esto se está investigando en modelos matemáticos para optimizar las técnicas y sistemas de distribución de hidrógeno en una zona geográfica dada.
- **Sistemas de seguridad para almacenamiento y distribución de H₂:** la investigación en el área de seguridad presenta como principales focos: sistemas de alarmas, condiciones mínimas en tanques de almacenamiento, materiales de los sistemas de almacenamiento y transporte y sistemas de barreras y materiales. Actualmente no se tienen muchos desarrollos tecnológicos en estas áreas; sin embargo, los nuevos desarrollos están siendo direccionados por las principales empresas relacionadas con la economía del H₂

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



CONCLUSIONES

- **Principales instituciones que lideran la investigación en las áreas de materiales para almacenamiento de hidrógeno y on site reformer:** las principales instituciones que trabajan con materiales para almacenamiento de hidrógeno: hidruros, MOF y materiales carbonosos y reformers para generación on-site son: Universidad de Zhejiang, Universidad de Northwestern, Instituto Max Planck para investigación sobre física del estado sólido y la Universidad de British Columbia.
- **Principales instituciones que lideran la investigación en las áreas de redes de distribución y seguridad:** la investigación (principalmente en el área de seguridad) ha sido liderada, actualmente, por el Laboratorio Sandia de Estados Unidos. Otras instituciones que se destacan en estas áreas son: Laboratory Health & Safety, SRI International, Universidad de Zhejiang, Universidad de Pisa y Corea Gas and Safety Corporation.
- **Desarrollos tecnológicos en materiales para almacenamiento de H₂ y reformers on-site para producción de H₂ liderada por empresas del sector automovilístico:** los desarrollos tecnológicos evidenciados principalmente en patentes han sido protegidos por empresas que se dedican a la producción de automóviles, entre las que se destacan Toyota, Ford, Honda y Mitsubishi.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



ANEXOS ARTÍCULOS

TÍTULO //	AUTORES//	AÑO//	AFILIACIÓN//	PAÍS//
«Review and analysis of molecular simulations of methane, hydrogen, and acetylene storage in MOFs	<ul style="list-style-type: none"> • Getman, R.B. • Bae, Y. S. • Wilmer, C.E. • Snurr, R.Q. 	2012	Department of Chemical and Biological Engineering, Northwestern University	Estados Unidos
Impact of metal and anion substitutions on the hydrogen storage properties of M-BTT metal-organic frameworks»	<ul style="list-style-type: none"> • Sumida, K. • Stück, D. • Mino, L. • Chai, J. 	2013	Department of Chemistry, University of California, Berkeley	Estados Unidos
«Fabrication of metal nanoparticles in metal-organic frameworks»	<ul style="list-style-type: none"> • Moon, H.R., • Lim, D.-W. • Suh, M.P. 	2013	Department of Chemistry, Seoul National University	Corea del Sur
«Hydrogen storage in metal-organic frameworks»	<ul style="list-style-type: none"> • Murray, L.- J. • Dinc, M. • Long, J.R. 	2009	Department of Chemistry, University of California, Berkeley	Estados Unidos
«Reversible hydrogen storage behaviors and microstructure of TiC-doped sodium aluminum hydride»	<ul style="list-style-type: none"> • Fan, X. • Wang, Q. • Chen, L. 	2009	Department of Materials Science and Engineering, Zhejiang University	China
«Novel Mg-Zr-A-H (A = Li, Na) hydrides synthesized by a high pressure technique»	<ul style="list-style-type: none"> • Yang, X. • Takeichi, N. • Sakai, T. 	2011	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	Japón
«Progress in Hydrogen Storage in Complex Hydrides»	<ul style="list-style-type: none"> • Varin, R.A., • Wronski, Z.S. 	2013	Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, University of Waterloo	Canadá
«Enhanced dehydrogenation performances and mechanism of LiBH ₄ /Mg ₁₇ Al ₁₂ -hydride composite»	<ul style="list-style-type: none"> • Han, L.-Y., • Wang, Q.-D. • Chen, L.-X. 	2014	Department of Materials Science and Engineering, Zhejiang University	China

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



ANEXOS ARTÍCULOS

TÍTULO //	AUTORES//	AÑO//	AFILIACIÓN//	PAÍS//
«Electric field enhanced hydrogen storage on polarizable materials substrates»	<ul style="list-style-type: none"> • Zhou, J. • Wang, Q.C. • Jema, P • Chen, X.S 	2010	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Pekín • Academia China de Ciencias • Universidad de Richmond 	China
«On the hydrogen-graphene layers interactions, relevance to the onboard storage problem»	<ul style="list-style-type: none"> • Nechaev, Y.S. • Öchsner, A. 	2012	Instituto Bardin de Metalurgia	Rusia
«Oxygen-deficient TiO 2-δ nanoparticles via hydrogen reduction for high rate capability lithium batteries»	<ul style="list-style-type: none"> • Shin, J.-Y., • Joo, J.H., • Samuelis, D., • Maier, J. 	2012	Max Planck Institute for Solid State Research,	Alemania
«Hydrogen adsorption in different carbon nanostructures»	<ul style="list-style-type: none"> • Panella, B., • Hirscher, M., • Roth, S. 	2005	Max Planck Institute for Solid State Research,	Alemania
«Modeling of fluidized bed membrane reactors for hydrogen production from steam methane reforming with Aspen Plus»	<ul style="list-style-type: none"> • Ye, G., • Xie, D., • Grace, J.R., • Lim, C.J. 	2009	Universidad de British Columbia	Canadá
«Hydrogen production in multi-channel membrane reactor via steam methane reforming and methane catalytic combustion»	<ul style="list-style-type: none"> • Grace, J.R., • Vigneault, A. 	2014	Universidad de British Columbia	Canadá
«Small scale reformers for on-site hydrogen supply»	<ul style="list-style-type: none"> • Schjøberg, I., • Hulteberg, C., • Yasuda, I., • Nelsson, C. 	2012	Tokyo Gas Co., Ltd.	Japón
«Sorbent-enhanced/membrane-assisted steam-methane reforming»	<ul style="list-style-type: none"> • Chen, Z., • Po, F., • Yasuda, I. 	2008	Tokyo Gas Co., Ltd.	Japón

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



ANEXOS ARTÍCULOS

TÍTULO //	AUTORES//	AÑO//	AFILIACIÓN//	PAÍS//
«Hydrogen fuel-cell forklift vehicle releases in enclosed spaces»	<ul style="list-style-type: none"> • Houf, W.G., • Evans, G.H., • Ekoto, I.W., • Merilo, E.G., 	2013	Sandia National Laboratories	Estados Unidos
«Hydrogen and fuel cell stationary applications: Key findings of modelling and experimental work in the HYPER project»	<ul style="list-style-type: none"> • Brennan, S., • Bengaouer, A., • Carcassi, M.,... 	2011	Sandia National Laboratories	Estados Unidos
«CFD computations of liquid hydrogen releases»	<ul style="list-style-type: none"> • Ichard, M., • Hansen, O.R., • Middha, P., • Willoughby, D. 	2012	Health & Safety Laboratory	Reino Unido
«The safety of the future hydrogen economy»	<ul style="list-style-type: none"> • Royle, M., • Willoughby, D. 	2011	Health & Safety Laboratory	Reino Unido
«A study of barrier walls for mitigation of unintended releases of hydrogen»	<ul style="list-style-type: none"> • Houf, W.G., • Evans, G.H., • Ekoto, I.W., • Merilo, E.G., 	2013	SRI International	Estados Unidos
«Spatial and radiative properties of an open-flame hydrogen plume»	<ul style="list-style-type: none"> • Schefer, R.W., • Houf, W.G., • Bourne, B. 	2006	SRI International	Estados Unidos
«System design and control strategy of the vehicles using hydrogen energy»	<ul style="list-style-type: none"> • Zhang, Z., • Hu, C. 	2014	Zhejiang University	China
«Heat transfer analysis of high-pressure hydrogen storage tanks subjected to localized fire»	<ul style="list-style-type: none"> • Zheng, J., • Ou, K., • Bie, • He, Y. 	2012	Zhejiang University	China

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



ANEXOS PATENTES

NÚMERO DE PUBLICACIÓN //	TÍTULO //	AÑO DE PUBLICACIÓN //	AÑO DE RADICACIÓN //	SOLICITANTE //
US 2014/0332711	Adsorbent material with anisotropic layering	2014	20013	Ford Global Technologies, LLC
US20100757068	Hybrid hydrogen storage system and method using the same	2011	2010	Ford Global Technologies, LLC
US20060400478	High gas adsorption in a microporous metal-organic framework with open-metal sites	2006	2006	Universidad de Michigan
US20100659122	Hydride composite and preparation process of hydrogen gas	2010	2010	Toyota Central RES AND DEV
JP20090156394	Hydride composite and hydrogen storage material	2011	2009	Toyota Central RES AND DEV
US20050205391	Energy stations	2007	2005	HONDA MOTOR CO
JP20040099343	Fuel gas manufacturing power generation system	2005	2004	HONDA MOTOR CO
CN201110070073	Light-metal composite hydrogen storage material and preparation method thereof	2011	2011	Universidad de Zhejian

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



ANEXOS PATENTES

NÚMERO DE PUBLICACIÓN //	TÍTULO //	AÑO DE PUBLICACIÓN //	AÑO DE RADICACIÓN //	SOLICITANTE //
CN200810122081	Sodium alanate and rare earth-nickel base alloy composite hydrogen storage material and preparation thereof	2009	2008	Universidad de Zhejiang
CA20032436639	Hydrogen supply system and mobile hydrogen production system	2005	2004	Mitsubishi
JP19970123738	Fuel reformer and fuel cell apparatus using the same	2005	1999	Mitsubishi
US8794477 B2	Sealing material for high-pressure hydrogen container, and high-pressure hydrogen container	2014	2008	Mitsubishi
AT20130050437	Method for charging and discharging a hydrogen store	2014	2013	Universidad de Linz
US20120984724	Metal-organic framework with optimized open metal sites and pore spaces for high methane storage at room temperature	2014	2012	Universidad de Texas
US20120365834	Tank for the storage of hydrogen in the form of metallic hydrides	2015	2012	AGCO SA
US 20110303175	Multi Stage Hydrogen Compression & Delivery System for Internal Combustion Engines Utilizing Working Fluid	2011	2010	Hopkins Ryan Reid

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



ANEXOS PATENTES

NÚMERO DE PUBLICACIÓN //	TÍTULO //	AÑO DE PUBLICACIÓN //	AÑO DE RADICACIÓN //	SOLICITANTE //
DE200810034221	Fuel supply device for use in motor vehicle, has reactor vessel provided for executing heat exchanger and separator functions for supplying hydrogen for consumer through dehydration of carrier medium e.g. liquid organic hydrogen carrier	2010	2008	BMW
DE201010038491	Fuel supplying device useful for partially supplying fuel load with hydrogen burning in combustion chamber e.g. internal combustion engine or fuel cell of motor vehicle, comprises first storage tank for carrier enriched with hydrogen	2012	2010	BMW
US7640790 B2	Method for operating a hydrogen test leak unit	2010	2003	Mitsubishi International GmbH
US20110696327	Hydrogen infrastructure	2013	2011	Linde
WO 2009089854 A1	Hydrogen distribution	2009	2008	Linde
CN 202868302 U	Intelligent and efficient and safe hydrogen supplying device	2013	2012	Universidad de Zhejiang
CN 201339807 Y	Hydrogen Storage device	2009	2008	Universidad de Zhejiang

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



REFERENCIAS IMÁGENES

- Imagen Nickel-Based Metal Organic Framework. Atribución: Pacific Northwest National Laboratory - PNNL. Disponible en: <https://www.flickr.com/>.
- Imagen X-ray Study Reveals Formation Of Iridium Trihydride At High Pressure. Atribución: P. Thomas Scheler/University of Edinburgh. Disponible en: <http://www.redorbit.com/news/science/1113008688/x-ray-study-reveals-formation-of-iridium-trihydride-at-high-pressure-112013/>.
- Imagen Westeel 11,000 L Fuel Tank. Atribución: Kkudlak. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Nickel-Based Metal Organic Framework. Atribución: Pacific Northwest National Laboratory - PNNL. Disponible en: <https://www.flickr.com/>.
- Imagen Nickel-Based Metal Organic Framework. Atribución: Pacific Northwest National Laboratory - PNNL. Disponible en: <https://www.flickr.com/>.
- Imagen Carbon nanotube zigzag povray cropped. Atribución: Carbon_nanotube_zigzag_povray. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen TASNEE 001. Atribución: Secl. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen MOF-5. Atribución: Tony Boehle. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Hydrogen fueling nozzle. Atribución: EERE. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Nissan Leaf 005. Atribución: Tennen-Gas. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



REFERENCIAS IMÁGENES

- Imagen Hydrogen pipelines. Atribución: US Department of Energy, Hydrogen Program, EERE. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Pipeline device. Atribución: Audrius Meskauskas. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/>.
- Imagen Space Shuttle Crash Test. Atribución: Izi lol. Disponible en: <http://izilol.com/space-shuttle-crash-test-3-pics-2925.html>.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



ENERGÍA

4. OPORTUNIDADES Y RETOS GENERALES PARA EL ÁREA DE OPORTUNIDAD

En este capítulo se identifican retos y oportunidades para esta área de interés, considerando aspectos como capacidad requerida, tiempo (corto, mediano y largo plazo), mercado potencial, entre otros. Se realiza la identificación de la situación actual de Medellín desde sus empresas y grupos de investigación, con el fin de revisar qué hacer para afrontar estas dinámicas.



OPORTUNIDADES

1.

Desarrollo de materiales y sistemas de almacenamiento de hidrógeno. Desarrollos, donde se aborda: generación de nuevos materiales y de sistemas completos de almacenamiento de H₂.

2.

Desarrollo de ingeniería aplicada: generación de tecnologías y montajes de sistemas demostrativos y pilotos, abordando principalmente almacenamiento. Fomentar la generación de diseños de sistemas de almacenamiento, búsqueda de aplicaciones del uso del H₂ como vector energético y generación de proyectos demostrativos y de prototipaje de aplicaciones del H₂ (i.e tanques, prototipos de sistemas vehiculares, etc.) donde se hace particular énfasis en almacenamiento de H₂.

3.

Transferencia de conocimiento y generación de capacidades locales por medio de la integración con proyectos y empresas internacionales. Potenciar la ciudad en esta área desde dos focos principalmente: 1) trabajo con empresas extranjeras para posibilitar que prueben, fomenten y desarrollen proyectos relacionados al uso del H₂ como vector energético en Colombia y 2) encontrar vías de participación en los proyectos globales de la economía del H₂.

4.

Almacenamiento de energía eólica y solar en forma de H₂. Aprovechamiento de energía eólica o solar para producción de H₂ por medio de electrolizadores o fotocatalizadores para utilizarlos como forma de almacenamiento de energías renovables.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



1. DESARROLLO DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE H₂

En el tema de desarrollo de sistemas de almacenamiento sólido de H₂ para soportar el uso del hidrógeno como vector energético se vislumbra una oportunidad debido a que este tema es uno de los cuellos de botella al hablar del uso del H₂ como vector energético; sin embargo, se debe tener en consideración que esta área se encuentra principalmente dentro de los límites de la investigación y primeros desarrollos tecnológicos; por lo tanto, para realizar cualquier desarrollo se requiere fortalecer la investigación de materiales novedosos, soporte de materiales y métodos de síntesis de nanomateriales (nanocomposites) principalmente de hidruros, MOFs y materiales carbonosos (i.e. nanocomposite de hidruros y nanotubos de carbono). Adicional al área de materiales para el desarrollo completo de sistemas de almacenamiento se quiere hacer investigación en tanques y métodos de distribución donde cobra particular relevancia el desarrollo de sistemas energéticos eficientes.

Esta área de oportunidad se enlaza con el área de oportunidad 2 que consiste en el desarrollo de proyectos de ingeniería aplicada, debido a que desde el desarrollo de proyectos en ingeniería se generarán requerimientos y requisitos que se deben superar desde la investigación.

CAPACIDADES REQUERIDAS

- Establecimiento de un comité interdisciplinario de discusión y construcción de los lineamientos de investigación en almacenamiento de H₂.
- Fortalecimiento de grupos de investigación con líneas en almacenamiento y sistemas de almacenamiento sólido de H₂.
- Fortalecimiento de los equipos y laboratorios que soportan análisis experimental de sistemas de almacenamiento sólido.
- Transferencia de conocimiento desde actores con mayor experiencia y desarrollos en estas áreas: grupos de investigación de universidades extranjeras y del país y empresas con desarrollos en estas áreas o similares.
- Creación de convenios de cooperación académica y científica con universidades internacionales.
- Establecimiento de modelos de financiación de proyectos de investigación.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



1. DESARROLLO DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE H₂

TIEMPO AL MERCADO

De mediano plazo:

- Establecimiento de lineamientos y de objetivos estratégicos para la investigación en almacenamiento de H₂.
- Establecimiento de grupos de investigación relacionados con almacenamiento de H₂.
- Desarrollo de modelos de cooperación para investigación entre instituciones del país o instituciones internacionales.
- Desarrollo de programa de financiación de investigación de proyectos relacionados con almacenamiento de H₂.

De largo plazo:

- Desarrollo de sistemas de almacenamiento sólido de H₂.

JUGADORES ACTUALES

Grupos de investigación en Colombia que han trabajado con almacenamiento de hidrógeno y el uso del hidrógeno como vector energético :

- Energías Alternativas IENA- Universidad la Gran Colombia
- Modelación de Partículas y Procesos - Universidad Cartagena
- Grupo de Investigación en Corrosión - Universidad Industrial de Santander
- Grupo de Investigación Redaire- Unal- Medellín
- Grupo de Investigación Calidad del Aire - Unal, Manizales
- Termodinámica y Eficiencia Energética- Universidad Nacional de Bogotá

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



1. DESARROLLO DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE H₂

¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

Grupos de investigación en Medellín que han trabajado con almacenamiento de hidrógeno y el uso del hidrógeno como vector energético:

- Quirema - Universidad de Antioquia
- Grupo Kimera- Universidad Nacional
- Gasure - Universidad de Antioquia
- TAYEA- Universidad Nacional
- Catálisis y Nanomateriales- Universidad Nacional
- Energía y Termodinámica- Universidad Pontificia Bolivariana
- Grupo de Automática- Unal- Sede Medellín
- Catalizadores y Adsorbentes - Universidad de Antioquia
- CIDEMAT - Universidad de Antioquia
- Ciencia de los Materiales - Universidad de Antioquia
- GINUMA- Universidad Pontificia Bolivariana

Adicionalmente a los grupos de investigación se han identificado proyectos de alto impacto de sistemas de almacenamiento de H₂:

- Grupo de investigación: Quirema. Proyecto: almacenamiento de hidrógeno en hidruro de magnesio dopado con materiales carbonosos. Fondos: Colciencias.

BARRERAS POTENCIALES

- Falta de cursos y contenidos académicos referentes a almacenamiento de H₂.
- Competencia de otras tecnologías para la producción energética limpia que puedan ser más rentables.
- Altos costos asociados al mejoramiento de laboratorios y centros de investigación.
- Generación de demanda de productos relacionados con sistemas de almacenamiento de H₂ y proyectos de ingeniería (oportunidad 2) para hacer tangible la necesidad de investigación.
- Dificultad para la articulación de los diferentes actores que trabajan en CTi en la ciudad en temas relacionados con el hidrógeno como vector energético para generar estrategias de trabajo conjunto que impliquen dirigir y no duplicar esfuerzos.
- Carencia de políticas a largo plazo en temas del uso del hidrógeno como vector energético. Se deben establecer lineamientos y estrategias de sostenimiento de proyectos para este tipo de temas en donde la mayoría de los posibles resultados incorporados en tecnologías se vislumbren a largo plazo.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



2. DESARROLLO DE INGENIERÍA APLICADA: GENERACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y MONTAJES DEMOSTRATIVOS/PILOTO

Actualmente la economía del hidrógeno abordada como el uso del hidrógeno como vector energético se encuentra aún muy alejada de las áreas de ingeniería en las que se desenvuelve la ciudad y en general el país; con esta área de oportunidad se pretende promover el acercamiento al tema desde las universidades, los centros de investigación y las empresas con el objetivo de generar los primeros desarrollos tecnológicos respecto al uso del hidrógeno como vector energético donde uno de los componentes principales sería el almacenamiento de H_2 . Para esto se pretende fomentar los diseños de sistemas de almacenamiento, la búsqueda de aplicaciones del uso del H_2 como vector energético y la generación de proyectos demostrativos y de prototipaje de aplicaciones del H_2 (i.e tanques, prototipos de sistemas vehiculares, etc.). Esta oportunidad se fortalece con el soporte que le brinda la oportunidad 1 en cuanto a investigación en temas de almacenamiento de H_2 .

CAPACIDADES REQUERIDAS

- Establecimiento de grupos de trabajo para determinar los marcos regulatorios y los lineamientos de los proyectos de ingeniería aplicada al área del hidrógeno, principalmente en definición de escala de generación de los proyectos (i.e kW).
- Generación de estrategias de difusión de los diferentes actores de la sociedad en términos de conocimientos básicos, uso potencial y beneficios.
- Fortalecimiento de capacidades a través de la asesoría de expertos a los diferentes programas académicos de la región, principalmente en las áreas técnico-mecánicas y de la electrónica en montaje y puesta en marcha de sistemas de este tipo.
- Generación de capacidades respecto a planta física y suministros que permitan garantizar el desarrollo de proyectos: 1) materiales de almacenamiento; 2) suministro de H_2 y 3) Laboratorios equipados.

CAPACIDADES REQUERIDAS

- Generación de estrategias de motivación, principalmente desde el foco de recursos y capacitaciones, para integrar a las empresas y universidades al desarrollo de los proyectos en esta área.
- Integración de esta área del conocimiento al clúster de energía de la ciudad para estar articulados a los proyectos y objetivos regionales.
- Articulación con los proyectos de investigación que se desarrollen en paralelo en la ciudad respecto al tema de almacenamiento de hidrógeno (oportunidad 1).
- Establecimiento de convenios con socios estratégicos que potencialmente utilicen estas tecnologías para que ayuden a financiar y orientar lineamientos de esta oportunidad.
- Generación en conjunto para todos los actores interesados en esta área de capacidades para la caracterización de materiales.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



2. DESARROLLO DE INGENIERÍA APLICADA: GENERACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y MONTAJES DEMOSTRATIVOS/PILOTO

TIEMPO AL MERCADO

De corto plazo:

- Establecimiento de pautas y lineamientos de proyectos de ingeniería aplicada en H₂ - principalmente almacenamiento.
- Creación de estrategias de difusión de la tecnología.

De mediano plazo:

- Desarrollo de proyectos para garantizar las condiciones de laboratorios y de suministros de materia prima.
- Integración de esta área de la ciencia en el clúster de energía de la ciudad.
- Creación de primeros proyectos demostrativos y primeros prototipos de desarrollos tecnológicos relacionados con la economía del hidrógeno.

De largo plazo:

- Generación de tecnologías comercializables o aplicables a la industria.

JUGADORES ACTUALES

No se identificaron proyectos de este tipo en Colombia. A continuación se presentan los principales jugadores a nivel mundial respecto a esta área de oportunidad, principalmente proyectos de ingeniería aplicada al uso del hidrógeno como vector energético, con requerimientos específicos en aras de almacenamiento

- Japón: isla Yakushima, que funciona con hidrógeno para el transporte público.
- Estados Unidos: California Fuel Cell Partnership, proyecto que nació como piloto y ahora es estrategia de región para desarrollar el sistema vehicular basado en H₂.
- Italia: planta de generación de potencia Fusina. Funciona 100% con hidrógeno. Potencia: 12 MW.
- Alemania: planta de potencia para almacenamiento de energía eólica por medio del hidrógeno localizada en Prenzlau. Potencia: 6MW.

Ferias de exposiciones de prototipos a pequeña escala:

- H₂ EXPO (Lugar: Europa, cada dos años).

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



2. DESARROLLO DE INGENIERÍA APLICADA: GENERACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y MONTAJES DEMOSTRATIVOS/PILOTO

¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

En Medellín no se identifican proyectos demostrativos y desarrollos de tecnologías respecto al uso del hidrógeno como vector energético y mucho menos en áreas de almacenamiento de hidrógeno.

BARRERAS POTENCIALES

- No se identificaron capacidades para desarrollar proyectos de este tipo debido a que a nivel local no se evidencian muchos grupos de investigación y empresas que estudien el uso y producción de H₂ como vector energético.
- Altos requerimientos técnicos para garantizar el suministro y las condiciones de seguridad.
- Altos costos asociados para garantizar el sostenimiento del proyecto.
- Dificultades propias de procesos de importación de materiales y suministros requeridos.
- Dificultades asociadas a las condiciones de Colombia (transporte y dificultades de topografía en general) para puesta en marcha de proyectos en lugares apartados.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



3.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y GENERACIÓN DE CAPACIDADES LOCALES POR MEDIO DE LA INTEGRACIÓN CON PROYECTOS Y EMPRESAS INTERNACIONALES

Como parte de la estrategia de internacionalización de Medellín, desde esta área de oportunidad del uso del H₂ como vector energético se encuentra una oportunidad de potencializar el desarrollo de la ciudad en cuanto a trabajo conjunto con empresas y proyectos extranjeros para el desarrollo de productos y servicios, generación de capacidades locales y transferencia de conocimiento con instituciones expertas. Se plantea entonces como estrategia concreta acoplarse a lo que está pasando en el mundo respecto a la economía del H₂ desde dos áreas principales: 1) Trabajo con empresas extranjeras para posibilitar que prueben, fomenten y desarrollen proyectos relacionados al uso del H₂ como vector energético en Colombia y 2) Encontrar vías de participación en los proyectos globales de la economía del H₂.

CAPACIDADES REQUERIDAS

- Establecimiento de un comité de expertos para definir los alcances y objetivos de los proyectos de cooperación.
- Gestión con instituciones y empresas internacionales para incentivar la creación de una sede en Medellín.
- Establecimiento de un modelo de cooperación.
- Ampliación de la capacidad en cuanto a laboratorios de la ciudad respecto al uso del H₂ como vector energético.
- Integración a proyectos de internacionalización de la ciudad para establecer estrategias particulares para el proyecto de H₂.
- Establecimiento de mecanismos para definir empresas, ecosistemas estratégicos y fuentes de financiación nacionales e internacionales.
- Establecimiento de una red de trabajo en el ecosistema de Medellín con los principales actores interesados en el área del uso del H₂ como vector energético, para que sea la red la que se integre con los proyectos internacionales.
- Establecimiento de un comité para generar y presentar proyectos a convocatorias nacionales e internacionales relacionados con el uso del H₂ como vector energético, principalmente en temas de almacenamiento.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



3.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y GENERACIÓN DE CAPACIDADES LOCALES POR MEDIO DE LA INTEGRACIÓN CON PROYECTOS Y EMPRESAS INTERNACIONALES

TIEMPO AL MERCADO

De corto a mediano plazo:

- Establecimiento de modelos de cooperación con las instituciones/empresas internacionales.
- Fortalecimiento de alianzas con instituciones por medio de proyectos iniciales de cooperación.

De mediano a largo plazo:

- Instalación de sedes en la ciudad.
- Desarrollo de proyectos conjuntos entre los diferentes actores de Medellín con los principales proyectos mundiales relacionados con la economía del H₂.

JUGADORES ACTUALES

Principales proyectos mundiales:

- Alemania- H₂
- Japón- H₂
- Horizon 20/20 - EUROPA
- UK mobility
- H₂. CAN
- H₂. Estados Unidos
- DOE - H₂ -Estados Unidos

Empresas en Bogotá:

- McPhy, empresa dedicada al almacenamiento sólido en hidruros con primeros trabajos con empresas en Bogotá.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad-empresa-estado



3.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y GENERACIÓN DE CAPACIDADES LOCALES POR MEDIO DE LA INTEGRACIÓN CON PROYECTOS Y EMPRESAS INTERNACIONALES

¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

En Medellín no se identifican proyectos en los que se busque alianzas con proyectos internacionales o con empresas en áreas de almacenamiento de hidrógeno; sin embargo, otros proyectos similares podrían dar las bases de los nuevos proyectos a desarrollar.

Iniciativas de internacionalización de Medellín

- Medellinnovation con el Distrito de Innovación.

BARRERAS POTENCIALES

- Dificultad en la búsqueda de modelos de acercamiento y cooperación para trabajar con los principales proyectos mundiales.
- Dificultades en el cumplimiento de requisitos por parte de las instituciones para establecer una sede en Medellín.
- Falta de establecimiento del modelo de negocios rentable para operar las sedes desde Medellín.
- Dificultades para garantizar con rapidez y fluidez los suministros y equipos que requieran importación.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



4. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR EN FORMA DE H₂

El hidrógeno como vector energético presenta grandes oportunidades respecto al almacenamiento de energía. Para la región se visualizan oportunidades a mediano y largo plazo respecto al almacenamiento de hidrógeno para ser utilizado como fuente de energía eléctrica por medio de su uso, principalmente en celdas de combustible o termoeléctricas. En esta oportunidad se visualiza el aprovechamiento de energía eólica o solar para producción de H₂ por medio de electrolizadores o fotocatalizadores, para así utilizar este hidrógeno como forma de almacenamiento de energías renovables.

CAPACIDADES REQUERIDAS

- Generación de estudios en detalle de condiciones técnicas, políticas y medioambientales para el uso del H₂ como vector energético.
- Establecimiento de estrategias para la vinculación de la industria de generación de energía al uso H₂ como sistema de almacenamiento de energía eólica y solar.
- Establecimiento de políticas energéticas en cuanto al uso del H₂.
- Transferencia de conocimiento a través de alianzas internacionales con ecosistemas con experiencia en uso de H₂ para almacenamiento de energía.

TIEMPO AL MERCADO

De corto plazo o mediano :

- Establecimiento de un comité interdisciplinario para crear estrategia, política y gestión de recursos para el uso del H₂ como sistema de almacenamiento de energía eléctrica.
- Establecimiento del marco teórico, normativa y estrategia para realizar proyectos a gran escala para el uso del H₂ como vector energético.

De largo plazo:

- Desarrollo de proyectos que permitan hacer uso del hidrógeno para almacenamiento de energías renovables.

¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

En Medellín no se han evidenciado proyectos relacionados con el almacenamiento de energía eólica y solar por medio del hidrógeno.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR EN FORMA DE H₂

JUGADORES ACTUALES

No se identificaron proyectos de este tipo en Colombia. A continuación se presentan los principales jugadores a nivel mundial respecto a esta área de oportunidad en el mundo

Alemania: 1) Prenzlu - planta de potencia con almacenamiento de energía eólica por medio del H₂. Potencia: 6MW y 2) Grapzow - almacenamiento de energía eólica por medio del H₂. Potencia: 1MW.

Noruega: planta UTSIRA. Planta de potencia con almacenamiento de energía eólica por medio del H₂. Potencia: 1.2MW.

Proyectos europeos: INGRID- almacenamiento de energías alternativas en H₂ (electrólisis); MYRTE - almacenamiento de energía solar en forma de H₂.

Proyectos Estados Unidos: WIND2H2- almacenamiento de energía eólica en forma de H₂

BARRERAS POTENCIALES

- Falta de marco normativo frente al uso, almacenamiento y seguridad en temas de hidrógeno como vector energético.
- Falta de empresas especializadas en Colombia que apoyen el proceso de montaje de este tipo de sistemas.
- Falta de conocimiento y experiencia en la región respecto a producción, distribución y uso de H₂ como vector energético.
- Alto costo de instalación de sistemas de producción de hidrógeno por medio del aprovechamiento de la energía generada con tecnologías de energías renovables (solar y eólica).
- Largos plazos para montaje y puesta en marcha de sistemas de energía eléctrica con H₂.
- Altos requerimientos para garantizar condiciones de seguridad para altos volúmenes de producción y almacenamiento de hidrógeno.
- Falta de motivación de grandes industrias debido a la garantía que se tiene de energía eléctrica desde otras fuentes.
- Competencia de otras tecnologías para almacenamiento de energías renovables, como por ejemplo baterías.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



RECOMENDACIONES

1. Evaluación de tecnologías que compitan con el almacenamiento de energía en forma de hidrógeno. En la actualidad existen otros tipos de sistemas de almacenamiento de energía que se presentan como sistemas que han mostrado más adelantos y acercamiento a las condiciones técnicas deseadas, en particular y con alto potencial se presenta el almacenamiento en baterías.
2. Investigación y caracterización de la producción y potencial producción de hidrógeno en Colombia. Es necesario que se realice una serie de estudios ya sea por parte de universidades o entidades del Estado para identificar y caracterizar el potencial del uso del hidrógeno como vector energético enfocado desde la producción actual y la potencial producción de H_2 bajo diferentes escenarios.
3. Actualización permanente de posibles materiales para almacenamiento de hidrógeno para ser incluidos o descartados en este observatorio. Actualmente, debido a los hallazgos respecto a las propiedades de los materiales, se incluyeron como prioridad los nanocomposites de hidruros, MOFs y materiales carbonosos; se recomienda estar actualizando los avances en los demás materiales existentes y nuevos materiales para posibles modificaciones en lista de materiales prioritarios.
4. Sistemas híbridos. Actualmente se plantean los requisitos y usos potenciales del hidrógeno en sistemas híbridos, inclusive para aplicaciones vehiculares.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



RECOMENDACIONES

5. Evaluación medioambiental para Colombia del uso del hidrógeno como vector energético. Actualmente la opinión generalizada es el potencial del hidrógeno como combustible amigable con el medio ambiente; sin embargo, se menciona el posible efecto negativo que tiene el exceso de vapor de agua en el ambiente. Por lo tanto se considera la necesidad de realizar un análisis medioambiental en simultánea a la implementación de un sistema de hidrógeno.
6. Integración de los grupos de trabajo que definen objetivos y lineamientos en el área de hidrógeno con empresas y universidades extranjeras con experiencia en esta área.
7. Se debe definir una política de estado clara que involucre también la parte social para que sea una apuesta en conjunto para tener claro políticas de financiación y escalamiento a requerimientos reales.
8. Se debe desarrollar como primera estrategia el montaje de un equipo que permita crear las curvas de desorción de hidrógeno para diversas condiciones y materiales, que pueda ser utilizado por los diferentes actores de la ciudad interesados en realizar proyectos de investigación e innovación en áreas del uso del hidrógeno como vector energético, principalmente enfocados en almacenamiento.
9. Se deben enmarcar y generar los lineamientos de esta área del conocimiento y los desarrollos posibles que se generen desde una visión y metas claras de Estado que den la visión de lo que se pretende en desarrollos y tecnologías para el país y las estrategias en cuanto a políticas energéticas.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



RECOMENDACIONES

10. Evaluar críticamente el tema del uso del hidrógeno como vector energético en Colombia, y desde cuáles objetivos se pretendería implementar. Colombia tiene el potencial de producir energía por muchos medios como por ejemplo hidroeléctricas, termoeléctricas, y energías alternativas, por lo que se podría plantear que el uso del hidrógeno como vector energético se debería potencializar desde el almacenamiento de energía.
11. Explorar el área de oportunidad de producción de hidrógeno que se debe desarrollar en simultánea con el área de almacenamiento de hidrógeno. En el tema de producción se debe evaluar el potencial de suplir los posibles requerimientos energéticos del país desde tecnologías tradicionales y novedosas tales como reformadores vía biológica.
12. Establecer políticas de sostenimiento de proyectos relacionados con esta área de oportunidad debido a que al ser proyectos de largo plazo se requiere un acompañamiento sostenido para potencializar las oportunidades identificadas.

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



EXPERTOS CONSULTADOS

- **Ph.D. Catalina Valencia Peroni**
Profesor Asociado- Universidad Nacional Sede Medellín
Grupo de Investigación Bioprocesos y Flujos Reactivos
- **Ph.D. Diana López**
Profesor Asociado - Universidad de Antioquia
Grupo de Investigación Quirema
- **Ph.D. Germán Sierra**
Profesor Asociado- Universidad Nacional Sede Medellín
Grupo de Investigación Catálisis y Nanomateriales
- **M.Sc. Javier González**
Profesor asociado- Universidad Nacional Sede Medellín
Grupo de Investigación Kimera
- **Ph.D. Wilber Silva**
Profesor Asociado-Universidad Pontificia Bolivariana
Grupo de Investigación Energía y Termodinámica
- **Ph.D. Jorge Andrés Moreno**
Investigador- Universidad de Antioquia
Grupo de Investigación Quirema

Lidera:



EL LUGAR
DONDE SE
POTENCIA
LA INNOVACIÓN
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



SÍGUENOS EN:



rutaⁿ

MEDELLÍN
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR
DONDE SE
**POTENCIA
LA INNOVACIÓN**

////////////////////
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

GRACIAS

une epm[®]


Medellín
todos por la vida