



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
EMPRESARIALES Y SOCIALES**

Especialización en Prospectiva Estratégica

Trabajo integrador final

**“El futuro deseado del hidrógeno, su
adopción en la suficiencia energética de
México y su competitividad al año 2030, su
posición estratégica y el papel de los actores”**

Alumna:

Torres Alonso Marina Vanessa

Tutor: Dr. Manuel Cervera Medel

2023



CONTENIDO

Introducción.....	4
Capítulo I. Aspectos teóricos – metodológicos.....	6
1.1 Justificación	6
1.2 Descripción del problema.....	7
1.3 Marco conceptual.....	9
Dinámica del escenario idealizado	9
Modelos internacionales del hidrógeno	14
La experiencia internacional.	15
Las tendencias internacionales y nacionales.....	28
1.4 Objetivos	35
1.5 Metodología	36
Capítulo II. Desarrollo del proceso prospectivo	38
Escenario idealizado	38
La gestión del cambio para lograr el futuro deseado	47
La situación estratégica del escenario idealizado. FODA Prospectivo	47
Iniciativas para la adopción del hidrógeno y su transición energética en México al año 2030	58
Dinámica de los actores para la adopción del hidrógeno y su transición energética en México al año 2030	63
Posición de los actores frente a las iniciativas para la adopción del Hidrógeno	72
2.2 Conclusiones y consideraciones finales.	82
El futuro deseado del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México al año 2030, su posición estratégica y el papel de los actores.	82
El abordaje prospectivo y sus herramientas.	85



Bibliografía.....	88
--------------------------	-----------

Figuras

Figura 1. Tendencias competitivas del hidrógeno.....	31
Figura 2. Esquema general del abordaje prospectivo.....	36
Figura 3. Clasificación de las variables del impulso del hidrógeno.....	44
Figura 4. Diagrama FODA respecto a posición estratégica.....	55
Figura 5. Clasificación de actores mediante MIC.....	64
Figura 6. Fuerzas a favor y opositoras de las iniciativas	75

Tablas

Tabla 1. Resumen de los modelos por países significativos	27
Tabla 2. Descripción del tipo de variables	41
Tabla 3. Valores de motricidad y dependencia de las variables	43
Tabla 4. Escenario global probable, alcance cuantitativo respecto al deseado	44
Tabla 5. Clasificación de las FORTALEZAS	51
Tabla 6. Clasificación de las OPORTUNIDADES	51
Tabla 7. Clasificación de DEBILIDADES	52
Tabla 8. Clasificación de las AMENAZAS.....	53
Tabla 9. Elementos FODA	54
Tabla 10. Clasificación de dependencia y motricidad de los actores.	69

Gráficas

Gráfica 1. Distribución de las variables en la aplicación del Hidrógeno	42
Gráfica 2. Posición estratégica del escenario meta conforme al análisis FODA.....	56
Gráfica 3. Ubicación de los actores según su influencia.	68
Gráfica 4. Situación de las iniciativas de impulso al uso del hidrógeno.....	74



Introducción

La prospectiva estratégica abre múltiples posibilidades para concebir los futuros y poder anticiparnos de la manera más efectiva ante ellos, convencionalmente tiene dos vertientes: la exploratoria visualiza los escenarios futuros posibles y su probabilidad de ocurrencia y la normativa parte del diseño de un futuro deseado para construirlo desde el presente.

Hoy más que nunca la prospectiva se convierte en una herramienta vital para las organizaciones, empresas y países, ante un mundo con cambios vertiginosos, se debe optar con nuevos pensamientos implicando una toma de decisiones más efectiva, la Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES), a través de su especialidad en Prospectiva Estratégica provee los elementos teóricos y metodológicos para abordar de manera integral ambos campos de la prospectiva.

El presente trabajo final de integración de la formación en la especialidad es un estudio de carácter normativo: **“El futuro deseado del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, su posición estratégica y el papel de los actores”**.

Parte de la premisa, como objeto de estudio, de que es deseable la incorporación plena del hidrógeno para la suficiencia energética en México por el fuerte potencial existente, para ello retoma el escenario idealizado del trabajo paralelo “Exploración del futuro del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, los escenarios posibles y probables” elaborado por Konrad Alain Villanueva González, para establecer una visión de su construcción.

El estudio incorpora, a partir del escenario idealizado asumiéndose como deseado, la revisión estratégica a partir de un análisis FODA con enfoque prospectivo ¿qué elementos favorecen o restringen al escenario deseado?



Considerando el escenario deseado, las tendencias existentes (que marcan otro escenario como probable) y los resultados del análisis FODA, se presenta un conjunto de iniciativas necesarias para lograrlo.

Posteriormente el estudio contempló el análisis de actores, quiénes son, sus relaciones de influencia y su capacidad de movimiento para impulsar u obstaculizar la adopción del hidrógeno en México.

Se estimó la aceptación o no de las iniciativas por parte de los actores clave y sus posibles alianzas para determinar la posibilidad de llevarse a cabo y por lo tanto el desarrollo del escenario deseado.

Finalmente, se describen las conclusiones y consideraciones finales, dividiendo estas en la primera parte, que es el cumplimiento de los objetivos, para construir el futuro idealizado del hidrógeno y su posición estratégica en la suficiencia energética de México y, mientras en la segunda parte, el abordaje prospectivo y sus herramientas.



Capítulo I. Aspectos teóricos – metodológicos

1.1 Justificación

El avance de la ciencia y la tecnología ha crecido aceleradamente, sin embargo, esta no siempre va a la par del desarrollo económico y social en las regiones y el mundo, es por ello se busca constantemente en conjunto con la academia la forma de resolver los problemas presentados en el mundo contemporáneo, entre estos; el cambio climático y el consumo desmedido de recursos naturales son de emergencia mundial, por lo que se destinan recursos y desarrollo en la creación de posibles soluciones y métodos de introducción a la sociedad.

Dadas estas condiciones y ante la oportunidad, representa la búsqueda de opciones energéticas sostenibles, tenemos que el desarrollo a nivel global de los medios de obtención del hidrógeno y los procesos de almacenamiento, han logrado evolucionar actualmente a un nivel comercial, conllevando a la par, la integración de bloques regionales para su adopción y emplazamiento, incluyendo la promoción a más posibles países participantes.

En esta evolución de las sociedades contemporáneas, se encuentra promover el estado de bienestar y desarrollo de economías más equitativas, por tanto, la adopción del hidrógeno podría suceder si da paso a otro sistema económico cuya utilización de la energía dentro de sus cadenas de valor se realice mediante una base diversificada en un mayor número de productores nacionales o regionales, incidiendo en su costo de producción y transporte, reflejándose en el costo de los bienes y servicios, así como los beneficios generados gestados sobre este.

Es por ello, la trascendencia sobre el trabajo vertido conlleva un análisis profundo desde la complejidad y transdisciplinariedad, a fin de estudiar las variables de poder que impacten en el proceso de planeación y adopción de este energético y los profundos cambios en los aspectos económicos, políticos, sociales, medio ambientales y tecnológicos sostenidas por las cadenas de valor en las que se



fundamenta la economía, siendo de gran relevancia las capacidades anticipatorias de la prospectiva y sus visiones de futuro con posibilidades bajo un contexto crítico y un entorno incierto, con lo cual, el escenario idealizado constituirá una narrativa de utilidad en la implementación de cambios y políticas en esquemas de planeamientos para los tomadores de decisiones siendo trazables en el largo plazo. Por lo tanto, el estudio de actores juega un papel preponderante que enlace las iniciativas a fin de integrar un abanico de acciones permitiendo lograr el escenario ya establecido como el ideal.

1.2 Descripción del problema

El planeta se encuentra rodeado en una espiral de cambios, algunos de estos de manera gradual, otros se han expuesto por razones sociales y tecnológicas. Actualmente, el estilo de vida acelerado del ser humano lo ha hecho dependiente de la energía eléctrica, ejemplo de ello tenemos el uso indiscriminado del vehículo, aires acondicionados, utilización de aparatos electrónicos, por mencionar algunos, en tanto que, en las actividades productivas, existe un sobreuso de fuentes fósiles.

Vemos entonces que a mayor crecimiento poblacional será el consumo de energía, corriendo el riesgo de multiplicarse e impactar negativamente en nuestro planeta por el desequilibrio en el cambio climático y sus derivaciones al liberar grandes cantidades de bióxido de carbono. Hoy en día el consumo de energía a nivel mundial es de 158,839 TW/h disparándose en forma exponencial desde 1950 esperando para el año 2030 - de continuar con los mismos modelos económicos y tecnológicos-, aumente un 20%., esta crecida viene acompañada de mayor demanda por satisfacerla, trayendo consecuencias en el medio ambiente como cambios en el clima y modificación en las condiciones de vida en el planeta, siendo esta un motor principal en la búsqueda de nuevas fuentes alternas de energía cuyas emisiones sean 0 o cercanas a él.



En función de la importancia, se estudia el Hidrógeno como un cambio de paradigma energético a nivel tecnológico, social y económico, para su empleo en el uso y almacenamiento, lo cual es comparable con la utilización de hidrocarburos para mantener el funcionamiento de los procesos industriales y sociales soportando la economía actual, resolviendo con ello problemas ambientales en los gases de efecto invernadero.

El hidrógeno deriva de dos procesos principales, la **electrolisis** a través del empleo de agua y el más usado en la actualidad es el llamado **cracking** del metano o gas natural, este último proviene de hidrocarburos; ambos cuentan con el problema de usar energía eléctrica provenientes de centrales con hidrocarburos para su proceso de realización, mientras que adicionalmente en el cracking se debe de adicionar el contratiempo de la generación de gases de efecto invernadero, producto de la descomposición de los hidrocarburos empleados.

Estos han sido hasta hace poco las contrariedades que limitaban la producción del hidrógeno por tener un precio de venta superior a los hidrocarburos convencionales, es decir, no ser competitivos en un esquema de oferta y demanda; adicionado a eso, se tienen los sistemas actuales y en general el sistema económico, político, social y financiero, está cimentado en el empleo del petróleo e hidrocarburos, considerándose dentro de la geopolítica en el contexto actual.

Ante esto, existe la apuesta por el hidrógeno en países líderes de tecnología, aparte de su comercialización, están creando economías basadas en él, incluyendo su uso y almacenamiento en procesos industriales, misma que migrarían a energías limpias apoyadas en fuentes renovables.

Por consiguiente, nos planteamos la siguiente interrogante con el futuro deseado del hidrógeno para la adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, a fin de determinar ¿cuál es su posición estratégica y qué papel juegan los actores para concretar el futuro idealizado como elemento determinante?



1.3 Marco conceptual

El tema central objeto de estudio es la identificación de acciones o elementos estratégicos para la adopción del hidrógeno en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, estableciendo la visualización del comportamiento de los actores clave que inciden en la forma de concebir el energético como un elemento vital de cambios en el modelo económico.

Dinámica del escenario idealizado

El punto de partida del Estudio, de carácter normativo, es el escenario idealizado elaborado en el Estudio “Exploración del futuro del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, los escenarios posibles y probables”, señala:

“A partir del análisis de variables se elaboró para cada una de ellas su situación ideal, entendida esta como manifiesta la adopción del hidrógeno en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, con su narrativa se integra el escenario deseado previamente se señalarán las variables y su significado correspondiente, de ahí, los resultados se presentan a continuación:

Primero se describieron las variables con su definición, a fin de dar a conocer cada uno de los elementos de estudio para dar paso al análisis estructural conformando los escenarios.

No	Variable	Definición ¹
1	Modelo económico	Sistema financiero y económico estructurado, determina los mercados y el valor asignado a los productos y servicios con base a una moneda, a su vez mide la cantidad de recursos destinados a realizar proyectos.

¹ “Exploración del futuro del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, los escenarios posibles y probables” elaborado por Konrad Alain Villanueva Gonzalez.

2	Precio del hidrógeno por tipo	Cantidad monetaria pagada por una unidad determinada de hidrógeno en el mercado incluyendo generación o comercialización independientemente de su denominación (verde, azul o gris).
3	Precio de hidrocarburos	Cantidad monetaria pagada por una unidad determinada de petróleo y sus derivados en el mercado (generación y comercialización).
4	Tratados internacionales y compromisos sostenibles	Acuerdos, compromisos adquiridos, y acciones efectivas a nivel país para el cumplimiento de metas y reducciones de contaminantes en materia de cambio climático.
5	Política Pública, metas y recursos estratégicos en materia energética	Planes, programas y proyectos en materia económica, tecnológica y energética encausando estrategias en el sector energético en función de las fuentes primarias para obtención del hidrógeno, ya sean recursos naturales, hidrocarburos, energías renovables y convencionales.
6	Usos y producción de hidrógeno.	Producción de hidrógeno verde, azul o gris y sus aplicaciones industriales, domésticas, de movilidad, generación de energía, etc.
7	Producción y demanda de hidrocarburos.	Producción y demanda nacional para procesos de petróleo y derivados.
8	Infraestructura de hidrógeno incluido el Transporte y almacenamiento	Instalaciones estratégicas de producción, transporte y venta al público del energético, incluyendo los sistemas y cadenas de valor permitiendo trasladar y almacenar el hidrógeno de su origen al consumidor final.

9	Desarrollo tecnológico del Hidrógeno	Promoción e implementación de patentes, inventos o sistemas encaminados a la producción, aprovechamiento y almacenamiento de hidrógeno.
10	Petroleras y proveedores.	Empresas consolidadas en torno a la explotación de hidrocarburos y proveedores de equipos y servicios cuyo conjunto tienen poder económico, político y tecnológico.
11	Consumo de hidrógeno por sectores	Cantidad de hidrógeno consumida actualmente.
12	Captura de carbón	Sistemas para capturar el carbón que se emite en el proceso de separación para obtener hidrógeno y se convierta sustentable.

Posteriormente, describe el escenario idealizado al año 2030 por cada variable de estudio.²

Variable	Escenario deseado 2030
<i>Modelo económico</i>	Se tiene un Modelo económico y financiero eficiente permitiendo la planeación y desarrollo del país brindando una correcta distribución de los recursos para el desarrollo de infraestructura, así como productos y servicios empleados en los sectores sociales, energéticos, industriales y tecnológicos, reduciendo de forma significativa la dependencia en hidrocarburos y remesas dando paso al crecimiento sostenido y su competitividad.
<i>Precio del hidrógeno por tipo</i>	El precio del hidrógeno en México es competitivo y en algunas regiones ligeramente inferiores al que se ofrece en ciertos estados respecto a combustibles derivados de los hidrocarburos o el gas natural, independientemente de su origen, tornándose en una opción atractiva para los usuarios en todos los sectores.

² “Exploración del futuro del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, los escenarios posibles y probables” elaborado por Konrad Alain Villanueva González

<p><i>Precio de hidrocarburos</i></p>	<p>México logró la soberanía energética en el plano de los hidrocarburos, manteniendo la estabilidad de los precios asequibles a las clases populares y preferenciales para los sectores industriales y de transporte, siendo así un pilar del desarrollo económico y social.</p>
<p><i>Tratados internacionales y compromisos sostenibles</i></p>	<p>Se cumplen los tratados y acuerdos internacionales en reducción de carbono en un 50%, ya que México muestra un firme compromiso en la mitigación del cambio climático.</p>
<p><i>Política Pública, metas y recursos estratégicos en materia energética</i></p>	<p>Dado el avance energético, tecnológico y de innovación, México cuenta con políticas públicas y programas estratégicos claves integrado en la matriz energética y potencializó el hidrógeno a partir de fuentes primarias.</p>
<p><i>Usos y producción de hidrógeno.</i></p>	<p>México emplea el Hidrógeno para uso industrial, generación de energía eléctrica y transporte, ascendiendo al 10% de la energía demandada por el país, a su vez se satisface integralmente de producción nacional.</p>
<p><i>Producción y demanda de hidrocarburos.</i></p>	<p>La producción de hidrocarburos en México cubre actualmente el 90% de la demanda total de energéticos, logrando exportar un 10% por el desarrollo de la infraestructura y los sistemas existentes.</p>
<p><i>Infraestructura de hidrógeno incluido el Transporte y almacenamiento</i></p>	<p>México cuenta con sistemas de infraestructura, transporte y almacenamientos de hidrógeno con base en modelos de negocio rentables y eficientes, auspiciados en sinergia entre el sector privado y gobierno, permitiendo la llegada continua al consumidor final.</p>

<i>Desarrollo tecnológico del Hidrógeno</i>	El sector de la innovación, ciencia y tecnología que se encuentra en sinergia con gobierno y privados, han generado el cúmulo de patentes aprobadas y equipos para el aprovechamiento competitivo en aplicaciones comerciales dando la viabilidad a un mercado para consumidores en los ramos industriales, transporte, etc.
<i>Petroleras y proveedores.</i>	Petróleos Mexicanos y Comisión Federal de Electricidad constituyen las entidades dominantes en torno a hidrocarburos y gas natural, realizando al interior de estas una reingeniería en la cual integran el hidrógeno en los procesos de producción y transporte, y realizando alianzas con los nuevos proveedores tecnológicos.
<i>Consumo de hidrógeno por sectores</i>	México consume el 7% de hidrógeno para la generación de energía eléctrica, mientras que el restante se distribuye en los demás sectores, siendo a nivel América Latina el referente en adopción del vector.
<i>Captura de carbón</i>	La normatividad aplicada a los proyectos de infraestructura para la producción de hidrógeno, les obligan a contar con sistemas de captura de carbono, por lo cual, el 40% está libre de emisiones de carbono.

El Estudio señala en sus conclusiones:

“el panorama de las energías alternativas en México puede enfocarse entre el proceso de adaptación buscando su rentabilidad en pequeños mercados o aplicaciones, o en caso de grandes transformaciones a nivel mundial obliguen a integrar energías alternativas, entre ellas el hidrógeno, cuyos estados del arte vistos por los avances de los países se enfocan en ofertar un precio competitivo de forma regional independientemente de la fuente de obtención, con una disminución gradual del impacto al medio ambiente.



Y con esto, nos cuestionamos, ¿cómo será el actuar de México a nivel país?, ¿qué rol asumirá el gobierno federal en esta exigencia para el sector energético? y, sobre todo, ¿qué interacción tendrá con el sector privado y los diversos actores económicos, sociales y políticos?”

“No se tiene un proyecto de nación en materia energética efectiva para tomar decisiones, por ende, la migración al hidrógeno, va a depender de las acciones realizadas a nivel global, cuyo impacto alcance a México, su territorio, economía y/o recursos naturales, dicho de otra manera, el contexto es el impulsor que fungirá como elemento decisor hacia la implementación del hidrógeno.”

Es vital comprender la Prospectiva Estratégica a partir de construir ese escenario idealizado permite a países como México analizar elementos y acciones claves favorecerán la adopción del hidrógeno y su competitividad, aun cuando sea bajo una convivencia con hidrocarburos, a la par de otras alternativas en energéticos para su empleo, uso y aprovechamiento.

Finalmente, para desarrollar el escenario idealizado, fue necesario retomar del estudio exploratorio los modelos internacionales, mostrando los avances y las experiencias de los países a fin de comprender como pueden evolucionar y actuar en el futuro, por ende es integrado en la aplicación del FODA prospectivo para determinar la posición estratégica de México, del cual se desprende a continuación.

Modelos internacionales del hidrógeno

El enfoque esencial para la energía a largo plazo involucra la integración de aspectos técnicos, humanos, sociales y tecnológicos, priorizando lo económico y financiero en la implementación de opciones energéticas. Dos modelos principales emergen de esta conceptualización.



Modelo de adopción “Escalar primero, limpiar luego”

Este modelo impulsa el crecimiento económico del hidrógeno a través de inversión privada y políticas públicas, independientemente de las fuentes de producción (hidrocarburos, agua, biomasa) con un enfoque en construir infraestructura clave. El objetivo es eventualmente transitar hacia procesos "limpios", a pesar de la inviabilidad actual de la captura y almacenamiento de carbono a gran escala. Países como Australia y Arabia Saudita, históricamente dependientes de combustibles fósiles, adoptan este modelo, empleando recursos petroleros para financiar la infraestructura y convirtiéndose en exportadores netos.

Modelo con énfasis en Hidrógeno verde

Este modelo prioriza la descarbonización y sostenibilidad, respaldado por fases legales, políticas gubernamentales y objetivos climáticos. La inversión, innovación y tecnología se enfocan en el hidrógeno "verde", impulsando la industria de renovables y apuntando a matrices energéticas descarbonizadas. Países como Alemania, Francia, Suecia y el Reino Unido adoptan este enfoque, desarrollando tecnológica y socialmente sus naciones.

La experiencia internacional.

Naciones como Japón, Australia y Alemania son clave en la adopción del hidrógeno. Japón depende de hidrógeno azul y gris de Australia, mientras Alemania lidera la tecnología de electrolisis. En América Latina, la adopción varía; algunos países tienen planes a 2050, pero falta acción concreta. México carece de una política clara debido a la confusión entre actores y agencias, generando ambigüedad en el modelo a adoptar.

En resumen, los modelos internacionales del hidrógeno se dividen entre "escalar primero, limpiar luego" y el enfoque en el hidrógeno verde, cada uno con sus



ventajas y desafíos, mientras que ciertos países líderes en la adopción influyen en las estrategias a nivel global.

CHINA impulsa el hidrógeno verde y establece metas ambiciosas para el 2035

China ha trazado una estrategia de desarrollo a medio y largo plazo, llamada "Plan de Desarrollo de la Industria de Energía del Hidrógeno (2021-2035)", considera al hidrógeno verde fundamental para su sistema energético futuro. La Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (NDRC) ha reconocido el hidrógeno como componente clave y una industria estratégica emergente.

El plan de hidrógeno establece tres objetivos cruciales a alcanzar antes de 2035:

1. Crear una plataforma colaborativa e innovadora para impulsar la investigación y desarrollar tecnologías disruptivas que aumenten la competitividad del sector.
2. Desarrollar una infraestructura de energía de hidrógeno, incluyendo instalaciones de producción, almacenamiento, transporte y recarga.
3. Fomentar el uso continuo del hidrógeno en el transporte, almacenamiento de energía y otros campos, con énfasis en la comercialización de la energía de hidrógeno, y mejorar los marcos políticos, estándares de calidad y seguridad en la cadena de valor.

Hacia 2035, China busca diversificar las aplicaciones de la energía de hidrógeno y aumentar significativamente la producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables, para respaldar la transformación hacia una energía más verde. El país se esfuerza por reducir los costos de producción del hidrógeno verde, apuntando a \$4/kg para 2025 y \$2,40/kg para 2030, además de alcanzar una capacidad de electrolización de 80 GW para 2030.

Esta ambiciosa estrategia tiene el potencial de tener un impacto global significativo. China actualmente produce alrededor de 33 millones de toneladas de hidrógeno al



año, en su mayoría a partir de fuentes altamente contaminantes. Con su enfoque en el hidrógeno verde, China busca transformar su producción y liderar el camino hacia una energía más limpia y sostenible.

JAPÓN lidera la revolución del hidrógeno

En 2017, Japón tomó la iniciativa al introducir la Estrategia Básica de Hidrógeno, marcando su posición como el primer país en implementar un marco nacional para esta fuente energética.

El gobierno japonés respalda con firmeza la investigación, desarrollo, demostración y despliegue (RDD&D) del hidrógeno, manteniendo flexibilidad en opciones tecnológicas. Además, se busca impulsar la inversión pública, la innovación tecnológica y la colaboración industrial para expandir la adopción de tecnología de hidrógeno y celdas de combustible en todos los ámbitos de la sociedad.

Con un enfoque amplio en su uso, Japón aborda sectores como la energía, el transporte, la industria pesada y la residencial, y aspira a exportar tecnología de celdas de combustible, particularmente en vehículos.

Para el 2030, Japón tiene la meta del hidrógeno como el amoníaco constituyan el 1% de su combinación de energía primaria y suministro eléctrico, en línea con su objetivo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un 46%.

El hidrógeno se considera esencial para la descarbonización de industrias clave como la siderurgia y la petroquímica, permitiendo la reducción de emisiones sin comprometer la competitividad industrial.

La estrategia de crecimiento verde, apunta a la neutralidad de carbono para 2050, situando al hidrógeno como uno de los 14 sectores prioritarios para lograr estos objetivos. En junio de 2021, el gobierno reforzó su compromiso mediante una



actualización de la estrategia, incorporando planes de acción concretos para sectores prioritarios.

La reducción del costo de producción de hidrógeno es una prioridad clave. Japón trabaja para bajar el costo de alrededor de \$1 por metro cúbico (Nm³) en 2017 a 30 centavos/Nm³ para 2030 y aproximadamente 20 centavos/Nm³ o menos para 2050.

Japón aborda diversas vías para producir hidrógeno, ya sea azul, verde o negro, a partir de carbón, evidenciando su compromiso con un futuro energético sostenible y económicamente viable.

ALEMANIA realiza inversiones sustanciales en hidrógeno verde y determina su compromiso climático.

Alemania destina 7,000 millones EUR en inversiones públicas para el hidrógeno verde, junto con 2,000 millones EUR para asociaciones internacionales. Forjará alianzas con países favorables a la producción de hidrógeno verde y planea exportar parte de la producción a Alemania, fomentando la independencia energética de sus socios mientras satisface su propia demanda.

El enfoque se dirige a expandir el papel del hidrógeno para reducir la dependencia nacional del carbón. Las estrategias de producción involucran licitaciones de electrólisis, subvenciones para nuevas plantas y programas piloto. Se impulsará el uso industrial del hidrógeno para reducir combustibles fósiles en procesos como la producción de acero. Además, se promoverá la utilización directa del hidrógeno verde en aviación y se buscará el desarrollo de vuelos híbridos.

Se evidencia un fuerte respaldo a la producción de acero a base de hidrógeno, como el proyecto H2H de ArcelorMittal con una inversión total de más de 110 millones de euros.



Alemania apunta a una capacidad de producción de 5 GW para 2030, con 5 GW adicionales planeados para 2035-2040, alineado con su compromiso climático de neutralidad de gases de efecto invernadero para 2045. La meta es reducir el costo total del hidrógeno limpio a USD 2 por kilogramo, y se exentará la producción de hidrógeno verde del impuesto EEG.

Si bien la estrategia favorece el hidrógeno verde, el papel del hidrógeno azul como tecnología puente sigue siendo ambiguo. El consejo de hidrógeno de Alemania ha urgido a una decisión sobre el hidrógeno azul como puente para satisfacer la demanda a corto plazo y permitir la transición en asociaciones comerciales de energía existentes.

ESTADOS UNIDOS impulsa ambiciosa estrategia de Hidrógeno.

El Departamento de Energía liderado por el secretario Mark W. Menezes ha presentado un sólido plan de hidrógeno para Estados Unidos. Este programa ofrece \$8 mil millones en fondos federales para los "centros de hidrógeno", los cuales serán creados en competencia por diversos estados.

La Ley de Infraestructura Bipartidista establece la definición de "Centros Regionales de Hidrógeno Limpio" como redes de productores, consumidores y conectividad de hidrógeno limpio, formando una economía de hidrógeno limpio a nivel nacional. Sin embargo, se da la razón para alcanzar una economía basada en hidrógeno requerirá una transformación del sistema energético en el país.

El plan establece metas ambiciosas, incluyendo costos de producción de \$2/kg para hidrógeno, \$2/kg para entrega y distribución en transporte, \$1/kg para aplicaciones industriales y generación de energía. También busca costos eficientes para componentes clave, como celdas de combustible a \$80/kW para camiones pesados y almacenamiento a bordo de vehículos a \$8/kWh.



Aunque el plan sienta las bases para una economía del hidrógeno, se espera al sector privado asumiendo un papel crucial a partir de 2030. Con estos enfoques ambiciosos, Estados Unidos busca liderar la transición hacia el hidrógeno limpio y contribuir al cambio hacia energías más sostenibles y eficientes.

CANADÁ establece ambiciosa estrategia de Hidrógeno para su futuro energético.

En diciembre de 2020, Canadá lanzó su "Estrategia de hidrógeno", marcando una visión audaz para el país hasta 2050. La estrategia tiene como objetivo convertir a Canadá en un líder mundial de hidrógeno limpio y tecnologías asociadas, presentando un enfoque estructurado en torno a ocho pilares fundamentales.

La estrategia se despliega a través de tres fases:

1. Corto plazo (2021 -2025): Canadá busca establecer la infraestructura básica para suministro y distribución de hidrógeno, apoyando aplicaciones maduras y emergentes en HUBs tempranos.
2. Mediano plazo (2025 – 2030): A medida que las tecnologías maduran, el enfoque se centra en el crecimiento y diversificación de aplicaciones.
3. Largo plazo (2030 – 2050): Canadá aspira a cosechar los beneficios de la rápida expansión de la economía del hidrógeno, aprovechando tecnologías establecidas y nuevas aplicaciones.

El país destaca por su capacidad de producir hidrógeno "verde" a \$2,50 a \$5,00/kg H₂ y "azul" a \$1.50 a \$2,0/kg H₂ en regiones con gas natural de bajo costo y tecnologías adecuadas. Canadá tiene la posibilidad de convertirse en un exportador líder de hidrógeno limpio, aprovechando su abundancia de recursos energéticos limpios, como la hidroeléctrica y la nuclear. Provincias como Columbia Británica, Manitoba, Quebec y Ontario podrían exportar hidrógeno verde, mientras Alberta



podría reutilizar su infraestructura de petróleo y gas para producir hidrógeno azul competitivo globalmente.

Esta estrategia posiciona a Canadá en la vanguardia de la economía del hidrógeno, impulsando su transición hacia energías más limpias y sostenibles, a la vez promueve la innovación y la colaboración en el sector.

AUSTRALIA pone en marcha Estrategia Nacional de Hidrógeno para la Diversificación Económica

Enfocada en la creación de una industria del hidrógeno limpia y competitiva, la Estrategia Nacional de Hidrógeno de Australia resalta su intención de diversificar su economía y expandir sus horizontes comerciales.

La estrategia, presentada en 2019, se centra en objetivos económicos más que climáticos, viendo la producción de hidrógeno como una oportunidad para atraer inversiones y penetrar nuevos mercados de exportación, especialmente en Asia.

Australia aspira a ser uno de los tres principales exportadores de hidrógeno a los mercados asiáticos para 2030, subrayando su enfoque en las exportaciones.

Dividida en dos fases, la estrategia inicialmente busca establecer las bases y demostrar la viabilidad de las cadenas de suministro de hidrógeno hasta 2025, en tanto la segunda fase pretende ampliar el uso del hidrógeno a gran escala, incluyendo la mezcla en redes de gas existentes.

Un objetivo clave es reducir el costo del hidrógeno limpio a menos de \$2 por kilogramo, para hacerlo competitivo con aplicaciones intensivas en carbono.



La estrategia también considera diversas fuentes de hidrógeno, incluyendo la producción a partir de lignito en el Valle LaTrobe, explorando opciones como hidrógeno azul, gris y marrón.

En resumen, Australia apuesta por el hidrógeno como una oportunidad para redefinir su economía, promoviendo la innovación y la expansión comercial en este campo de energía emergente.

CHILE: Impulso decisivo hacia el Hidrógeno Verde y la exportación de energías renovables

Gabriel Boric, desde el ámbito público y privado, lidera el ambicioso plan de Chile para adoptar el hidrógeno verde como alternativa a la gasolina y para la producción de amoníaco verde, con actores clave como Enap y Codelco.

Chile está trazando su camino para convertirse en un proveedor global de energías renovables, tanto en términos de energéticos como productos eco-amigables. El país se posiciona con audacia para liderar la producción mundial de hidrógeno verde, apuntando a alcanzar una capacidad de 25 GW de electrólisis para 2030, con el objetivo de exportar \$2.5 mil millones al año en 2030.

La ejecución de proyectos está en marcha, con planes concretos para tener 3.7 GW de capacidad de electrólisis antes de 2025, y un aumento a 35 GW para 2030.

Aunque el costo actual es de alrededor de \$6 USD/kg, Chile está enfocando sus esfuerzos en mejorar las condiciones técnicas para reducir ese costo a \$1.5 USD/kg para 2030.

Un elemento importante es la transformación del hidrógeno verde en amoníaco verde, expandiendo las oportunidades de uso y exportación.



Este enfoque de Chile no solo promete transformar su economía energética interna, sino también establecerlo como un líder en la producción y exportación de energías renovables, liderando la transición hacia una economía más sostenible y eco-amigable.

COLOMBIA: Transición hacia el hidrógeno verde y su papel en la economía energética

En Colombia, la colaboración entre el Gobierno, empresas como Ecopetrol y Promigas, está dando forma a una transformación hacia el hidrógeno verde, con pilotos en curso para crear un conocimiento sólido en producción a gran escala.

La visión para 2030 es desembolsar \$2.500 millones en inversiones para fomentar el desarrollo, generación y uso del hidrógeno, respaldado por incentivos tributarios según el Decreto 895 de mayo de 2022.

El país se prepara no solo para una transición energética interna, sino también para ser un socio europeo en energías renovables, con la exportación de energéticos fósiles como base de su balanza comercial.

La situación actual involucra el uso de hidrógeno gris en refinerías, industria química y siderurgia, en tanto nuevas demandas futuras incluyen transporte terrestre, aéreo y marítimo, así como el sector energético de bajo consumo de calor y generación de electricidad.

Para 2030, se anticipa un crecimiento significativo en hidrógeno de bajas emisiones, llegando a 120 kt, reemplazando 150 kt de hidrógeno gris utilizado actualmente, con el sector del transporte liderando la demanda. El horizonte de 2030 incluye la instalación de 1-3 GW de capacidad de hidrógeno verde mediante electrólisis, con un costo de \$1.7 USD/kg. La producción de hidrógeno azul sería de 50 kt.



Se espera el hidrógeno de bajas emisiones reemplace al hidrógeno gris en refinerías y gane terreno en la industria para 2027. La demanda de vehículos de pilas de combustible y estaciones de hidrógeno también se proyecta al alza.

En última instancia, Colombia busca alcanzar la neutralidad de hidrógeno verde para 2050, con un costo objetivo de \$1.7 USD/kg para 2030 en zonas de recursos renovables.

PERÚ: hacia un futuro de hidrógeno verde y exportación

En Perú, la colaboración público-privada y académica se traduce en una estrategia integral. Un grupo multisectorial, liderado por el Ministerio de Energía y Minería, establece las bases para marcos regulatorios a 2025, bajo una ley de adopción del hidrógeno.

La visión es clara: estudios de factibilidad para potenciales hubs y la incorporación del hidrógeno en sectores clave como refinerías, fertilizantes, transporte, minería y acero, con el objetivo de alcanzar un 40% de penetración industrial y una transición al transporte terrestre sostenible.

En el camino hacia 2030, Perú busca posicionar su papel como principal exportador de hidrógeno mediante acuerdos marco con países enfocados en exportación y derivados, respaldados por una oferta de financiamiento de \$20 millones y \$3,000 millones de inversión privada en proyectos e investigación.

La hoja de ruta avanza desde estudios base hasta la implementación para 2030, con un potencial de 1 GW de electrolizadores instalados a \$1.6 USD/kg, bajando a \$1.3 USD/kg para 2040 y finalmente \$1.0 USD/kg para 2050, logrando la producción de hidrógeno verde a precios competitivos para la exportación.



URUGUAY: Rumbo al liderazgo en hidrógeno verde

Uruguay ha establecido el hidrógeno verde como una prioridad en su programa de sostenibilidad, comprometiéndose a desarrollar regulaciones, incentivos y la infraestructura necesaria para impulsar su crecimiento. Desde 2018, el país ha avanzado en este camino, formando colaboraciones entre el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), ANCAP y UTE, empresas estatales de energía.

El enfoque en el hidrógeno verde no solo contribuirá a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), sino también se alinea con su proceso de descarbonización. Uruguay, al haber reducido su dependencia de combustibles fósiles en su matriz eléctrica, se encuentra en una posición ventajosa para ser un productor destacado de hidrógeno verde y sus derivados, tanto para el consumo local como para la exportación.

El plan se divide en tres fases: En la Fase 1 (2022-2025), se desarrollarán regulaciones y proyectos piloto, atrayendo inversiones y avanzando hacia proyectos de exportación. La Fase 2 (2026-2030) implica la expansión nacional y proyectos de exportación. Finalmente, en la Fase 3 (+2030), Uruguay buscará establecer un mercado interno sólido y acelerar su presencia en la exportación.

Para 2030, el país tiene como objetivo alcanzar costos de producción de hidrógeno verde competitivos, en el rango de 1.2 a 1.4 USD/kgH₂ en la región oeste y 1.3 a 1.5 USD/kgH₂ en la región este, para instalaciones de más de 500 MW. Esta visión busca posicionar a Uruguay como un competidor fuerte entre los exportadores netos de hidrógeno verde a nivel mundial.

PARAGUAY: Hidrógeno Verde y Oportunidades de Inversión



En Paraguay, la Agenda Energética Nacional (AEN) ha destacado al hidrógeno verde como un recurso clave para impulsar su sector energético, especialmente en el ámbito del transporte. La inversión total para establecer la cadena de suministro de hidrógeno verde en tres proyectos se estima en 6.1 millones de dólares. Además, la consolidación de la demanda requerirá 2.24 millones de dólares, junto con los costos de ejecución, asistencia técnica y gestión de demanda eléctrica.

La firma canadiense NeoGreen Hydrogen Corporation planea invertir 500 millones de dólares en la construcción de una planta de hidrógeno verde en Paraguay. Esta instalación aprovechará la energía eléctrica renovable para producir hidrógeno verde a gran escala. La visión de NeoGreen Hydrogen apunta hacia el año 2030, y para respaldar su proyecto, planean adquirir hasta 500 MW de la ANDE, permitiéndoles abastecer a industrias locales y buscar oportunidades de exportación.

El costo estimado del hidrógeno verde producido en Paraguay se sitúa en 3 USD/kg H₂, lo destacando la competitividad y el atractivo de esta inversión en el panorama energético actual. Con estas iniciativas, Paraguay se posiciona como un participante clave en la expansión del hidrógeno verde y una fuente potencial de exportación en el futuro cercano.

MÉXICO: Hidrógeno verde y desafíos

En México, el protagonismo recae en el Gobierno Federal, a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). La Asociación mexicana del Hidrógeno y movilidad sostenible, liderada por Israel Hurtado, aglutina a 43 aliados estratégicos, gobiernos estatales y empresas. La colaboración entre gobierno, instituciones educativas y empresas es un elemento central. Se destaca la producción local de hidrógeno verde en asociación con Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia, con un enfoque



en aliviar la pobreza energética en comunidades. Sin embargo, la estrategia precisa no está del todo clara.

La AMH y la agencia alemana GIZ señalan el enorme potencial de México para generar hasta 1,400 millones de toneladas de hidrógeno verde. Diez estados, incluyendo Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, han sido identificados como líderes en producción de este recurso. No obstante, surge una división entre el gobierno y la iniciativa privada.

Israel Hurtado de la AMH proyecta exportar hidrógeno verde a Europa a 6 USD/kg y a estados fronterizos de EE. UU. vía ducto a 2.5 USD/kg para 2030. Esta ambición de exportación hacia una mayor competitividad es evidente en el marco de objetivos.

En resumen, México avanza en la dirección del hidrógeno verde, con el Gobierno Federal y actores privados involucrados. Aunque las estrategias pueden no estar totalmente definidas, se vislumbra un potencial importante y una visión ambiciosa de exportación, con costos proyectados de 6 USD/kg hacia Europa y 2.5 USD/kg hacia EE. UU.

Como se observa, la mayoría de estos países han preferido el modelo de “escalar primero, limpiar luego” como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resumen de los modelos por países significativos

País	Modelo
China	Escalar primero, limpiar luego
Japón	Escalar primero, limpiar luego
Alemania	Escalar primero, limpiar luego
Estados Unidos	Escalar primero, limpiar luego
Canadá	Escalar primero, limpiar luego
Australia	Escalar primero, limpiar luego
México	Énfasis en el hidrógeno verde



Chile	Énfasis en el hidrógeno verde
Colombia	Escalar primero, limpiar luego
Perú	Énfasis en el hidrógeno verde
Uruguay	Énfasis en el hidrógeno verde
Paraguay	Énfasis en el hidrógeno verde

Nota: Elaboración propia a partir de diversos datos 2018 – 2022.

Observamos los países industrializados que tienen previsto dentro de sus planes a largo plazo introducir o consumir el hidrógeno, se centran en preparar sus sistemas energéticos, productivos y económicos para su aprovechamiento, por tanto gran parte de América Latina, y en específico México, tienen la estrategia adoptada del hidrógeno verde bajo conceptos de los Objetivos de desarrollo sostenible, no cuenta con tecnología propia ni impulso del gobierno y por ende, no se tiene claridad en su aprovechamiento y uso.

Las tendencias internacionales y nacionales

Finalmente y para concluir la base de información conceptual en torno al Hidrógeno con la finalidad de reunir los elementos claves para el análisis FODA prospectivo, se consideraron las tendencias internacionales y nacionales detectadas a partir de información de fuentes diversas de los últimos tres años, los cuales fueron aplicadas bajo el Método Delphi a los expertos en temas de energía, con el fin de determinar la importancia respecto a la adopción del hidrógeno en México y su impacto, y si representan oportunidades o amenazas para el desarrollo del escenario meta.

TENDENCIAS INTERNACIONALES

Las tendencias internacionales en el uso del hidrógeno presentan un panorama diverso y dinámico en la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles. Se destaca la creación de mercados internos y proveedores en constante expansión, impulsados por un modelo integrado de generación, almacenamiento, transporte, consumo y exportación de hidrógeno verde. Este crecimiento del volumen de



producción se refleja en el incremento de patentes para su uso y aprovechamiento en diversas aplicaciones.

En esta evolución, el equilibrio entre fuentes de energía renovables y no renovables adquiere relevancia, mientras la disponibilidad de infraestructura de gas natural se integra al ecosistema. La adopción del hidrógeno en procesos industriales impulsa el desarrollo tecnológico, transformando la economía internacional en una red globalizada.

Sin embargo, la escasez y disponibilidad de agua para la producción de hidrógeno plantea un desafío significativo, al igual que el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte. La respuesta a estos desafíos se observa en la unificación de sectores estratégicos como la automotriz, producción y transporte, bajo el compromiso de cero emisiones y la descarbonización de la industria siderúrgica y el transporte marítimo y terrestre.

La potencialización del hidrógeno verde y azul surge como un motor de cambio, en un contexto de incremento de precios del petróleo y una transición hacia la movilidad con vehículos de celdas de hidrógeno. Esto va de la mano con la regulación y transformación de la normativa para energías alternativas, incluyendo la descentralización del sistema energético.

La electrificación y la transición hacia la electromovilidad, con el desafío de sobrepoblación en las ciudades, también marcan la pauta. La agricultura sostenible y el uso de energías alternativas son claves para la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático y el impacto mundial.

Estas tendencias coexisten con conflictos geopolíticos y la concentración de poder y riqueza por corporaciones, lo que insta a una mirada crítica hacia la distribución equitativa de los beneficios del hidrógeno. En este proceso, se observa la reducción de la propiedad de automóviles en favor de servicios compartidos y una



reconfiguración de los asentamientos humanos, influyendo en la demanda energética y en la dirección hacia una economía más sustentable.

Tendencias nacionales

Las tendencias nacionales en México con relación al uso del hidrógeno presentan un panorama de evolución y transformación en el ámbito energético. Uno de los enfoques clave es la atención a localidades rurales urbanizadas, implicando una búsqueda de soluciones energéticas sostenibles de abordaje en las necesidades de desarrollo en comunidades menos atendidas.

Un aspecto de relevancia es el desarrollo a gran escala de las paraestatales PEMEX y CFE, buscan una integración estratégica del hidrógeno en su operación. La implementación de HUBs de producción de hidrógeno emerge como un modelo eficiente para consolidar la cadena de valor y fomentar la colaboración entre distintos actores en el sector.

No obstante, se enfrentan a desafíos como prácticas desleales en modelos energéticos, resaltando la importancia de establecer regulaciones equitativas y transparentes para el desarrollo del hidrógeno. La banca para el desarrollo de proyectos tecnológicos relacionados con el hidrógeno cobra relevancia como motor para acelerar la adopción y expansión de esta tecnología en el país.

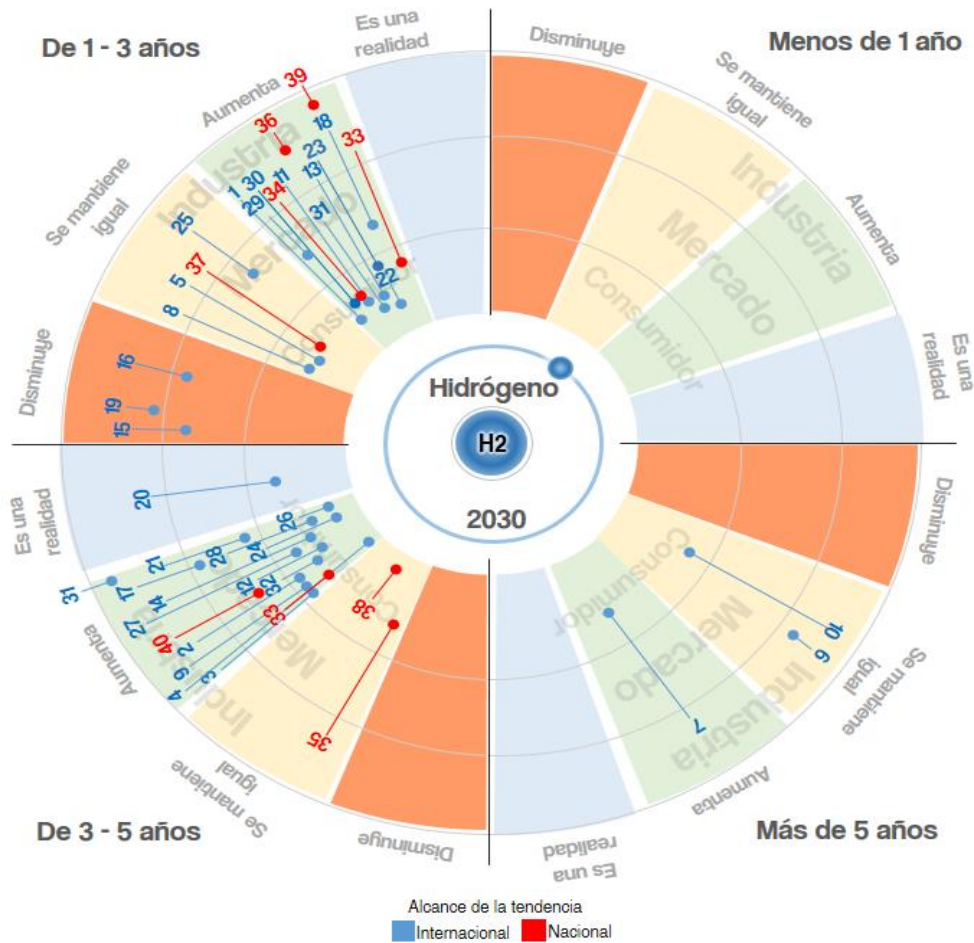
La movilidad sostenible en ciudades es una tendencia visualizada con fuerza, ya que México busca soluciones para reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire en áreas urbanas. Para ello, la normativa relativa a la eficiencia y emisiones de combustibles derivados de hidrocarburos se torna fundamental para establecer estándares promoviendo prácticas más amigables con el medio ambiente.

Una tendencia en evolución es la redistribución de la tenencia de la tierra para proyectos energéticos en México, considerando la ubicación estratégica de estos proyectos y la participación de diversas comunidades. Esto se enmarca en una

visión más amplia de desarrollo energético buscando beneficiar a múltiples regiones del país.

En resumen, México está experimentando una encrucijada en su enfoque energético, con la integración del hidrógeno como un componente central. A medida se abordan las necesidades de comunidades locales, se impulsen las paraestatales y se aproveche la inversión privada se podrá fomentar la movilidad sostenible y la expansión de esta tecnología conciliando con implementación de regulaciones promoviendo prácticas justas y ambientalmente responsables.

Figura 1. Tendencias competitivas del hidrógeno



Elaboración propia a partir de datos hemerográficos y conferencias virtuales del 2019 – 2022



Desglose enunciativo

Tendencias internacionales

- 1 Creación de mercados internos y proveedores
- 2 Modelo de generación, almacenamiento, transporte, consumo y exportación de hidrógeno verde
- 3 Crecimiento de volumen de hidrógeno producido
- 4 Patentes para el uso y aprovechamiento del hidrógeno
- 5 Balance de fuentes de energía renovables y no renovables
- 6 Disponibilidad de infraestructura del gas natural
- 7 Adopción del hidrógeno en procesos y desarrollo tecnológico para su aprovechamiento
- 8 Economía internacional globalizada
- 9 Escasez y disponibilidad de agua para procesos de producción del hidrógeno
- 10 Aumento de emisiones de gases efecto invernadero del sector transporte
- 11 Sectores estratégicos unificados (automotriz, producción, transporte, etc.).
- 12 Estilo de vida, asentamientos humanos y demanda energética alternativa
- 13 Productos y servicios con alta demanda energética por país para procesos industriales.
- 14 Demanda energética para procesamiento industrial para la seguridad alimentaria
- 15 Cambio climático e impacto mundial



-
- 16 Compromiso de cero emisiones
-
- 17 Descarbonización del transporte marítimo, terrestre y la siderúrgica
-
- 18 Potencialización del hidrógeno verde y azul.
-
- 19 Incremento de precios del petróleo.
-
- 20 Transición a movilidad con vehículos de celdas de hidrógeno.
-
- 21 Regulación y transformación de la normativa para energías alternativas
-
- 22 Redistribución de asentamientos humanos con impacto en la demanda energética
-
- 23 Desarrollo a gran escala de las paraestatales PEMEX y CFE
-
- 24 Alta demanda energética con implantación de modelos tecnológicos.
-
- 25 Precio competitivo de producción del hidrógeno
-
- 26 Descentralización del sistema energético
-
- 27 Potencialización y transición hacia la Electromovilidad
-
- 28 Sobrepoblación en ciudades
-
- 29 Agricultura sostenible y uso de energías alternativas
-
- 30 Conflictos geopolíticos
-
- 31 Conglomerado y concentración de poder y riqueza por corporaciones.
-
- 32 Reducción de la propiedad de automóviles

Tendencias nacionales



33 Localidades rurales urbanizadas.

34 Desarrollo a gran escala de las paraestatales PEMEX y CFE para la integración del Hidrógeno

35 Hub de producción de hidrógeno

36 Prácticas desleales en modelos energéticos

37 Banca para desarrollo de proyectos tecnológicos en Hidrógeno

38 Movilidad sostenible en ciudades

39 Normativa relativa a eficiencia y emisiones de combustibles derivados de hidrocarburos

40 Redistribución de la tenencia de la tierra para proyectos energéticos en México



1.4 Objetivos

Objetivo general

Elaborar un análisis prospectivo normativo, construcción del futuro meta, para la adopción del hidrógeno, su desarrollo tecnológico y uso, para la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030.

Objetivos específicos

1. Determinar la dinámica y complejidad del escenario ideal para la adopción del hidrógeno en México como estrategia de suficiencia energética.
2. Analizar la posición estratégica actual y futura del escenario deseado.
3. Identificar las iniciativas o acciones necesarias para hacer realidad el escenario deseado.
4. Identificar a los actores relevantes y anticipar su comportamiento ante las iniciativas de adopción del hidrógeno.

1.5 Metodología

Figura 2. Esquema general del abordaje prospectivo



Elaboración propia

A fin de llevar a cabo el estudio prospectivo señalado, se desarrolló el proceso metodológico dando respuesta a los objetivos establecidos, desglosado cada fase y su propósito de la siguiente manera:

1. Escenario idealizado:

Se realiza una narrativa de futuro ideal diseñado para establecer los elementos o variables claves del hidrógeno para poder concretarlo a través de la voluntad y acción de los actores. Este escenario se concibe como lo



que se pretende llegar, posterior a diseñarlo, se debe emplear el camino o las acciones para concretarlo.

2. Análisis estratégico.

Ejercicio sistemático llevando a cabo para investigar sobre el entorno dentro del cual opera una organización, país o región, para este caso México, con la finalidad de formular una estrategia para la toma de decisiones y el cumplimiento de los objetivos, para tal fin, se emplea el FODA prospectivo y estudio de tendencias para conocer e identificar los aspectos trascendentales del hidrogeno, así como la forma de configurar mercados y cadenas de valor, delimitando los aspectos relevantes bajo diversos contextos (social, económico, político, etc.) y su evolución, a fin de conocer las incertidumbres críticas.

3. Formulación de iniciativas

Elementos, eventos o actividades dando como resultado las estrategias para la adopción del hidrógeno y giran en función del movimiento y voluntad de los actores.

4. Análisis de actores

Conocer los actores involucrados en el campo energético y el juego de influencias e intereses para alcanzar el futuro idealizado del hidrógeno y aplicación de las iniciativas propuestas.

5. Conclusiones

Argumentación coherente y articulada en torno al estudio realizado respecto a los objetivos alcanzados



Capítulo II. Desarrollo del proceso prospectivo

En este capítulo se aborda la ejecución del proceso prospectivo, de carácter normativo, para la construcción del escenario ideal para la adopción del hidrógeno como estrategia sustantiva de la suficiencia energética.

Se presentan los resultados de la aplicación del proceso prospectivo iniciando con el diseño del futuro deseado, sus retos, viabilidad, la elaboración de acciones o iniciativas necesarias para concretarlo y el comportamiento previsto de los actores clave determinando su comportamiento para la adopción del hidrógeno en México.

2.1 El escenario idealizado en México al año 2030

Escenario idealizado

El futuro no está determinado, para mejorarlo no basta con la capacidad de anticiparlo, sino con la acción para hacerlo realidad.

Los escenarios son narraciones conformadas por la descripción de una situación futura y la trayectoria de eventos permitiendo pasar de la situación inicial a la situación prevista con la finalidad de diseñar y construir el futuro deseado.

Los escenarios describen caminos alternos hacia el futuro, presentando una gama de resultados, permitiendo a las personas, instituciones o sectores, reflexionen en torno a ello, lo trascendental no es predecir el futuro, si no los procesos gestados sobre ellos.

Por lo anterior, la situación ideal refleja el deseo de concretar la adopción del hidrógeno para la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, plasmando las narrativas a continuación.



Variable	Escenario deseado 2030
<i>Modelo económico</i>	Se tiene un Modelo económico y financiero eficiente que permite la planeación y desarrollo del país brindando una correcta distribución de los recursos para el desarrollo de infraestructura, así como productos y servicios empleados en los sectores sociales, energéticos, industriales y tecnológicos, con lo que se redujo de forma significativa la dependencia en hidrocarburos y remesas dando paso al crecimiento sostenido y competitividad.
<i>Precio del hidrógeno por tipo</i>	El precio del hidrógeno en México es competitivo y en algunas regiones ligeramente inferiores al que se ofrece en ciertos estados respecto a combustibles derivados de los hidrocarburos o el gas natural, independientemente de su origen, por lo que se torna en una opción atractiva para los usuarios en todos los sectores.
<i>Precio de hidrocarburos</i>	México logró la soberanía energética en el plano de los hidrocarburos, manteniendo la estabilidad de los precios asequibles a las clases populares y preferenciales para los sectores industriales y de transporte, siendo así un pilar del desarrollo económico y social.
<i>Tratados internacionales y compromisos sostenibles</i>	Se cumplen los tratados y acuerdos internacionales en reducción de carbono en un 50%, ya que México muestra un firme compromiso en la mitigación del cambio climático.
<i>Política Pública, metas y recursos estratégicos en materia energética</i>	Dado el avance energético, tecnológico y de innovación, México cuenta con políticas públicas y programas estratégicos claves que integró en la matriz energética y potencializó el hidrógeno a partir de fuentes primarias.

<p><i>Usos y producción de hidrógeno.</i></p>	<p>México emplea el Hidrógeno para uso industrial, generación de energía eléctrica y transporte, ascendiendo al 10% de la energía demandada por el país, a su vez se satisface integralmente de producción nacional.</p>
<p><i>Producción y demanda de hidrocarburos.</i></p>	<p>La producción de hidrocarburos en México cubre actualmente el 90% de la demanda total de energéticos, logrando exportar un 10% por el desarrollo de la infraestructura y los sistemas existentes.</p>
<p><i>Infraestructura de hidrógeno incluido el Transporte y almacenamiento</i></p>	<p>México cuenta con sistemas de infraestructura, transporte y almacenamientos de hidrógeno con base en modelos de negocio rentables y eficientes, mismos son auspiciados en sinergia entre el sector privado y gobierno, permitiendo la llegada continua al consumidor final.</p>
<p><i>Desarrollo tecnológico del Hidrógeno</i></p>	<p>El sector de la innovación, ciencia y tecnología que se encuentra en sinergia con gobierno y privados, han generado el cúmulo de patentes aprobadas y equipos para el aprovechamiento competitivo en aplicaciones comerciales dando la viabilidad a un mercado para consumidores en los ramos industriales, transporte, etc.</p>
<p><i>Petroleras y proveedores.</i></p>	<p>Petróleos Mexicanos y Comisión Federal de Electricidad constituyen las entidades dominantes en torno a hidrocarburos y gas natural, realizando al interior de estas una reingeniería en la cual integran el hidrógeno en los procesos de producción y transporte, y realizando alianzas con los nuevos proveedores tecnológicos.</p>
<p><i>Consumo de hidrógeno por sectores</i></p>	<p>México consume el 7% de hidrógeno para la generación de energía eléctrica, mientras el restante se distribuye en los demás sectores, siendo a nivel América Latina el referente en adopción del vector.</p>

La normatividad aplicada a los proyectos de infraestructura *Captura de carbón* para la producción de hidrógeno, les obligan a contar con sistemas de captura de carbono, por lo cual, el 40% está libre de emisiones de carbono.

Dinámica del escenario

Para entender la dinámica de progreso del futuro, se considera el desarrollo y adopción del hidrógeno como un sistema, en donde México es la organización por la que se desarrolla la construcción del futuro idealizado, cualquier influencia sobre uno de sus elementos o variables repercute sobre las demás y sobre la totalidad del sistema. Se realizó su análisis mediante la elaboración de una matriz de impactos cruzados, el uso de la matriz ayuda a clasificar las variables con base en su capacidad de influencia, mover a las demás, y la dependencia existente entre ellas.

Para poder llegar a la construcción del escenario idealizado, se trabajaron estadios, las cuales se presentan a continuación mediante la descripción de los tipos de variables, la distribución de estas para la adopción del hidrógeno, su grado de motricidad y dependencia, así como su clasificación.

La definición y análisis de las variables es fundamental explicándolas a continuación.

Tabla 2. Descripción del tipo de variables

Situación	Descripción de las variables
PODER	Tienen muy alta motricidad y baja dependencia, por ello estas variables se consideran las más importantes del movimiento del sistema, ya que influyen sobre la mayoría de las demás variables y dependen poco de ellas. Cualquier modificación que ocurra en

ellas tendrá repercusiones, positivas o negativas, en todo el sistema.

**CONFLICTO
/ENLACE**

Estas variables tienen motricidad alta, pero también son altamente dependientes, influyen sobre las restantes, pero a su vez son influidas por ellas. Por esta razón están en conflicto.

AUTONOMÍA

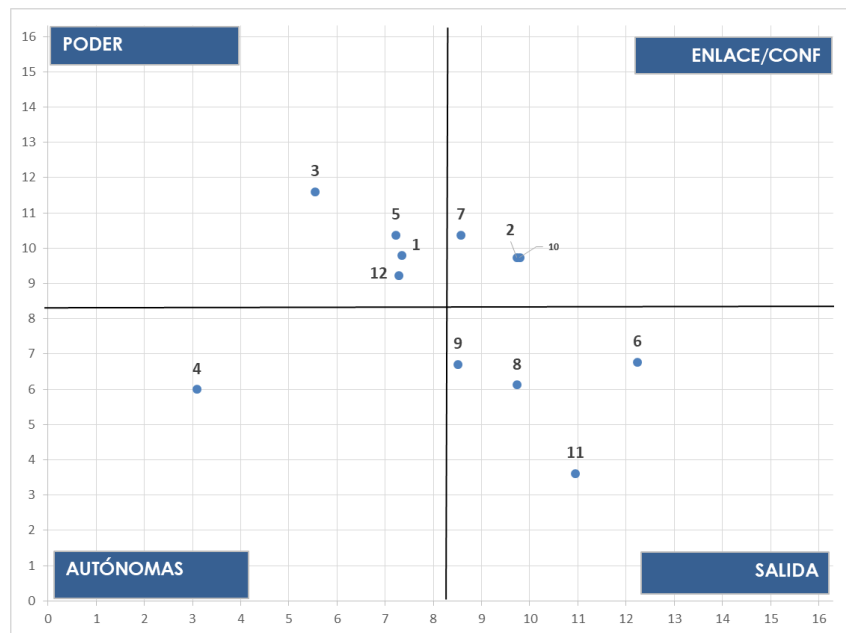
No influyen significativamente sobre las otras ni son influidas por ellas, dado que tienen poca motricidad y poca dependencia.

SALIDA

En buena parte dependen de las anteriores, tienen baja motricidad y alta dependencia.

Nota: Descripción del tipo de variables mediante la matriz de impacto cruzado, bajo la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento, de la consultoría Intelgenzza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

Gráfica 1. Distribución de las variables en la aplicación del Hidrógeno



Nota: Distribución de variables, elaboración propia a través de la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento, de la consultoría Intelgenzza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

Tabla 3. Valores de motricidad y dependencia de las variables

No.	Variable	% mot	% dep	Motricidad	Dependencia	Ubicación
1	Modelo económico	9.79%	7.35%	MOTRIZ	INDEPENDIENTE	PODER
2	Precio del hidrógeno por tipo	9.73%	9.73%	MOTRIZ	DEPENDIENTE	CONFLICTO
3	Precio de hidrocarburos	11.60%	5.54%	MOTRIZ	INDEPENDIENTE	PODER
4	Tratados internacionales y compromisos sostenibles	5.99%	3.09%	NO MOTRIZ	INDEPENDIENTE	AUTONOMA
5	Política Pública, metas y recursos estratégicos en materia energética	10.37%	7.22%	MOTRIZ	INDEPENDIENTE	PODER
6	Usos y producción de hidrógeno.	6.77%	12.24%	NO MOTRIZ	DEPENDIENTE	SALIDA
7	Producción y demanda de hidrocarburos.	10.37%	8.57%	MOTRIZ	DEPENDIENTE	CONFLICTO
8	Infraestructura de hidrógeno incluido el Transporte y almacenamiento	6.12%	9.73%	NO MOTRIZ	DEPENDIENTE	SALIDA
9	Desarrollo tecnológico del Hidrógeno	6.70%	8.51%	NO MOTRIZ	DEPENDIENTE	SALIDA
10	Petroleras y proveedores.	9.73%	9.79%	MOTRIZ	DEPENDIENTE	CONFLICTO
11	Consumo de hidrógeno por sectores	3.61%	10.95%	NO MOTRIZ	DEPENDIENTE	SALIDA
12	Captura de carbón	9.21%	7.28%	MOTRIZ	INDEPENDIENTE	PODER
		100%	100%			

Nota: Los valores de motricidad y dependencia de las variables, elaboración propia a través de la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento, de la consultoría Inteligenzza.

Figura 3. Clasificación de las variables del impulso del hidrógeno

<p><u>PODER</u></p> <p>Modelo económico Precio de hidrocarburos Política pública en materia energética Captura de carbón</p>	<p><u>ENLACE / CONFLICTO</u></p> <p>Precio del hidrógeno Producción y demanda de hidrocarburos Petroleras y proveedores</p>
<p><u>AUTÓNOMAS</u></p> <p>Tratados internacionales</p>	<p><u>SALIDA</u></p> <p>Usos y producción de hidrógeno Infraestructura de hidrógeno Desarrollo tecnológico del hidrógeno Consumo de hidrógeno</p>

El Estudio de referencia analizó diversos escenarios estimando el probable muy distinto al deseado, en términos cuantitativos comparándolos entre sí tenemos la siguiente situación:

Tabla 4. Escenario global probable, alcance cuantitativo respecto al deseado

Escenario Global Probable		15.31%
VARIABLE	ALCANCE	
1	Modelo económico	17.26%
2	Precio del hidrógeno por tipo	7.50%
3	Precio de hidrocarburos	24.98%
4	Tratados internacionales y compromisos sostenibles	18.75%
5	Política Pública, metas y recursos estratégicos en materia energética	19.82%



6	Usos y producción de hidrógeno.	15.16%
7	Producción y demanda de hidrocarburos.	8.84%
8	Infraestructura de hidrógeno incluido el Transporte y almacenamiento	7.97%
9	Desarrollo tecnológico del Hidrógeno	21.27%
10	Petroleras y proveedores.	15.47%
11	Consumo de hidrógeno por sectores	8.00%
12	Captura de carbón	8.67%

Nota: Elaboración propia a partir del Modelo de la consultoría Inteligenzza.

Como se observa en la tabla anterior el alcance global es de 15.31%, lo cual significa una brecha muy importante respecto al escenario ideal por ello se presenta muy complicado lograr el escenario, supone tomar acciones disruptivas para modificar el comportamiento inercial.

Análisis de escenarios

De acuerdo con la matriz de impacto cruzado utilizada bajo el Modelo CEM, se analizaron las 12 variables, las cuales acorde a las etapas del proceso se estudiaron bajo el nivel de influencia una sobre la otra, dando como resultado un cuadrante con los 4 elementos, conformándose por las variables de poder, enlace, autónomas y de salida.

El modelo económico, precio de hidrocarburos, política pública y captura de carbón, son variables que tienen alta motricidad, esto quiere decir; poseen un gran impacto y poder dentro de la adopción del hidrógeno, para ello; las variables presentes tienen una implicancia en las decisiones de parte del ejecutivo federal, puesto que si hay un cambio en la política energética impactará en las demás variables, a la par, la exigencia de las autoridades internacionales por capturar el carbón incidirá en incentivos para la implementación del hidrógeno, si bien, el modelo económico existente de México es correlacionado con el gobierno en turno, mientras no se



cambie, se mantendrá esta variable de poder, y si hay cambio tendrá un efecto positivo o negativo en las demás.

Para las variables de enlace, a referir el precio del hidrógeno, petroleras y proveedores, así como la producción y demanda de hidrocarburos, estas variables influyen sobre las restantes y a su vez son influidas sobre de ellas, situándonos en el precio del hidrógeno, se han desarrollado avances tecnológicos para disminuir los costos de producción y por ende de comercialización, sin embargo para existir un precio equilibrado con relación a los demás países, debe de haber una oferta y un esquema rentable para México, pero de ello depende el avance en tecnología y la forma de producirlo, en tanto las petroleras y su producción, juegan un papel primordial por ser los abastecedores al país de hidrocarburos, infraestructura y demanda, por ello, no marcan un cambio en la política energética para el uso del hidrógeno, solo dependerá del ejecutivo federal y de las demás variables para realizar un cambio en esta, y la producción y demanda de hidrocarburos es una variable sin cambio hasta tener una política clara y visionaria en los cambios próximos o bien, por exigencia de tratados internacionales se mire hacia otras formas de energía.

La variable autónoma de tratados internacionales gira en función de acuerdos entre los países desarrollados e instituciones a nivel mundial, por lo cual tiende a ser una variable que no es movida por las otras ni mueve a las demás, esto significa a México no influye en los acuerdos internacionales dado el tamaño de su economía y la tecnología poseída.

Concluyendo con las variables de salida, corresponden a Usos y producción de hidrógeno, Infraestructura de hidrógeno, desarrollo tecnológico del hidrógeno y consumo de hidrógeno, esto es muy claro, para adoptar el hidrógeno en México, dependerá de las demás variables, incluyendo las internacionales siendo los tratados internacionales, y las del país en política pública energética, hidrocarburos y precio del hidrógeno lo cual afectara como las variables mencionadas anteriormente se potencien o sufran deficiencias.



La gestión del cambio para lograr el futuro deseado

Toda gestión del cambio en organizaciones, países y territorios debe llevar consigo un proceso planificado y estructurado, un reto en la construcción del futuro deseado implicando generar un cambio.

México para la adopción del hidrógeno, debe situarse y desarrollar un plan prospectivo que mida por estadios los resultados de las acciones producto de las directrices, objetivos y metas visualizadas, todo ello involucra cuatro elementos:

- El tamaño de la brecha (magnitud del cambio) entre lo deseado y lo probable.
- La intensidad de las acciones (magnitud de la acción) a realizar.
- El tiempo requerido o meta.
- Variables por afectar.

Por lo anterior, es fundamental pasar de la planificación a la acción, con un elemento clave, el factor VOLUNTAD, sin él, se tendría un documento no utilizado y todo esfuerzo para su construcción habrá sido en vano. Por ello, y a la par, se requerirán líderes con visión de futuro, prospectivistas, guíen los procesos y sean transformadores de estos cambios.

La situación estratégica del escenario idealizado. FODA

Prospectivo

El FODA análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas es una herramienta para generar una estrategia de alto impacto, permitiendo a las organizaciones como parte de su proceso de decisión estratégica, reflexionar y actuar sobre ellas.

El análisis FODA se empleó para este tema, lograr la construcción del futuro deseado, para lo cual se conformó por dos partes: una interna y otra externa.

La parte interna, contempla las fortalezas y las debilidades teniendo México para



adoptar el hidrógeno, aspectos sobre los cuales se puede tener control. Por fortalezas se entiende lo que el país puede contar para el desarrollo del hidrógeno y, por lo tanto, puede utilizar con éxito, por debilidad se entiende lo opuesto, son aspectos en los que debe mejorar o eliminar.

La parte externa contempla las oportunidades que ofrece el entorno internacional, tecnológico, ambiental, económico y social y las posibles amenazas de este, que potencialmente afectarían el desarrollo de nuestro país, circunstancias sobre las cuales se tiene poco o ningún control.

Desarrollo del Análisis

Identificación de los elementos

Como primer paso se identificaron los elementos FODA, teniendo como orientación el escenario deseado para ello se tomaron en cuenta las tendencias y elementos de futuro. Los aspectos identificados son:

Fortalezas

1. Territorio idóneo para producción de hidrógeno y energías renovables.
2. Existencia de una Sociedad civil de hidrógeno congregando a empresarios, académicos y actores estratégicos.
3. Iniciativa privada con interés en potenciar hidrógeno.
4. Modelo económico enfocado a la inversión.
5. Mano de obra especializada.
6. Política de subsidios en energéticos.
7. Oferta educativa.
8. Menor polarización.
9. Instituciones con énfasis en cuidado del medio ambiente y cumplimiento regulatorio.

Oportunidades

1. Demandas ambientales



2. Tratados internacionales en reducción de co2.
3. Competitividad del uso del hidrógeno
4. Países migren a hidrógeno.
5. Economía internacional globalizada
6. Demanda energética consumo por país
7. Incremento precio del petróleo
8. Movilidad eléctrica
9. Abundancia de Gas Natural
10. Mercado potencial para vehículos con celdas de hidrógeno
11. Cercanía con Estados Unidos
12. Inversiones de trasnacionales
13. Gestión del conocimiento y mejores prácticas
14. Recepción y adaptación de tecnología
15. Producción y demanda

Debilidades

1. Infraestructura débil de gas natural
2. Normatividad limitada
3. Desarrollo tecnológico
4. Alto costos de producción
5. Escasa cantidad de gas natural de producción nacional
6. Conocimiento limitado del hidrógeno por parte de la sociedad y actores.
7. Falta de consensos para cambios en el sector energético.
8. Política basada en hidrocarburos.
9. Empresas productivas unificadas que son entes preponderantes del mercado.
10. Precio elevado del hidrógeno
11. Desigualdad en regiones para uso y aprovechamiento del hidrógeno
12. Déficit de Banca para desarrollo de proyectos tecnológicos en Hidrógeno
13. Prácticas de corrupción y modificación de procesos de gobierno
14. Problemática agraria y desigualdad social



15. Escasez de recursos naturales
16. Deficiente planeación y políticas públicas
17. Modelo débil científico tecnológico

Amenazas

1. Desarrollo tecnológico de países avanzados y dependencia en h2
2. Infraestructura de gas natural
3. Cambio climático
4. Conflictos geopolíticos
5. Disminución de precio del petróleo
6. Dependencia de gas natural
7. Competencia con electromovilidad y energía con fuentes primarias.
8. Permanencia de combustibles fósiles
9. Introducción y competencia de combustibles sintéticos
10. Crisis económica mundial
11. Mercados volátiles
12. Cambios gubernamentales en EUA
13. Desestabilidad de la relación México - Estados Unidos.

Posteriormente se analizaron cada uno de ellos, este análisis se realizó siguiendo los lineamientos de la metodología expuesta en FODA un enfoque prospectivo.³

Se efectuó una valoración prospectiva, para cada uno de los elementos considerados, se analizaron y calificaron dos criterios:

1. En el caso de las oportunidades y amenazas, importancia para el éxito de la incorporación del hidrógeno y la probabilidad de ocurrencia (estimación de concretarlo).

³ Cervera Medel, Manuel. FODA un enfoque prospectivo. Proyecto Papyme. Dirección General de Asuntos del Personal Académico, UNAM. 2008.



2. Para el caso de las fortalezas y debilidades, igualmente su importancia y su solidez, es decir la prevalencia o “dureza” de su evolución en el tiempo.

La calificación de los elementos FODA, utilizando estos criterios, permitiendo clasificarlos en función de su utilidad para establecer una estrategia efectiva, la clasificación obtenida se presenta a continuación.

Tabla 5. Clasificación de las FORTALEZAS

EXCELENTES	<ul style="list-style-type: none">• Iniciativa privada con interés en potenciar hidrogeno.• Mano de obra especializada• Oferta educativa
BUENAS	
REGULARES	<ul style="list-style-type: none">• Existencia de una Sociedad civil de hidrógeno congregando a empresarios, académicos y actores estratégicos• Modelo económico a la inversión• Menor polarización.• Instituciones con énfasis en cuidado del medio ambiente y cumplimiento.
POCO ÚTILES	<ul style="list-style-type: none">• Territorio idóneo para producción de hidrógeno y energías renovables• Política de subsidios en energéticos

Nota: Elaboración propia a partir del Modelo FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza.

Tabla 6. Clasificación de las OPORTUNIDADES

EXCELENTES	<ul style="list-style-type: none">• Tratados internacionales en reducción de CO2.• Competitividad del uso del hidrógeno• Economía internacional globalizada
-------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda energética consumo por país • Incremento precio del petróleo • Abundancia de gas natural • Cercanía con Estados Unidos
BUENAS	<ul style="list-style-type: none"> • Países migren a hidrógeno • Gestión del conocimiento y mejores prácticas. • Producción y demanda
REGULARES	<ul style="list-style-type: none"> • Demandas ambientales • Mercado potencial para vehículos con celdas de hidrógeno • Inversiones de trasnacionales • Recepción y adaptación de tecnología
POCO ÚTILES	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad eléctrica

Nota: Elaboración propia a partir del Modelo FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza.

Tabla 7. Clasificación de DEBILIDADES

GRAVES	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura débil de gas natural • Normatividad limitada • Cantidad de gas natural de producción nacional escaso • Empresas productivas unificadas como entes preponderantes del mercado
SEVERAS	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de consensos para cambios en el sector energético • Política basada en hidrocarburos • Precio elevado del hidrógeno • Desigualdad en regiones para uso y aprovechamiento h2 • Deficiente planeación y políticas públicas

MODERADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo tecnológico • Alto costos de producción • Conocimiento limitado de la sociedad y actores en torno al hidrógeno • Escasez de recursos naturales
LEVES	<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de Banca para desarrollo de proyectos tecnológicos en Hidrógeno • Déficit de Banca para desarrollo de proyectos tecnológicos en Hidrógeno

Nota: Elaboración propia a partir del Modelo FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza.

Tabla 8. Clasificación de las AMENAZAS

GRAVES	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo tecnológico de países avanzados y dependencia en hidrógeno • Cambio climático. • Conflictos geopolíticos • Disminución de precio del petróleo • Dependencia de gas natural • Competencia con electromovilidad y energía con fuentes primarias. • Introducción y competencia de combustibles sintéticos • Crisis económica mundial
SEVERAS	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de gas natural • Permanencia de combustibles fósiles • Mercados volátiles
MODERADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios gubernamentales en Estados Unidos • Desestabilidad de la relación México - Estados Unidos
LEVES	

Nota: Elaboración propia a partir del Modelo FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza.

Con base a los resultados obtenidos de la evaluación se seleccionaron los elementos de mayor impacto para poder estimar la mejor estrategia, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 9. Elementos FODA

FORTALEZAS. Sostenerlas	Reducirlas. DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativa privada con interés en potenciar hidrógeno. • Mano de obra especializada • Oferta educativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Débil Infraestructura de gas natural • Normatividad limitada • Escasa cantidad de gas natural de producción nacional • Empresas productivas unificadas como entes preponderantes del mercado • Falta de consensos para cambios en el sector energético • Política basada en hidrocarburos • Precio elevado del hidrógeno • Desigualdad en regiones para uso y aprovechamiento h2 • Deficiente planeación y políticas públicas
<ul style="list-style-type: none"> • Tratados internacionales en reducción de CO2. • Competitividad del uso del hidrógeno • Economía internacional globalizada • Demanda energética consumo por país • Incremento precio del petróleo • Abundancia de gas natural • Cercanía con Estados Unidos • Países migren a hidrógeno • Gestión del conocimiento y mejores prácticas. • Producción y demanda <p>OPORTUNIDADES. Prepararse para aprovecharlas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo tecnológico de países avanzados y dependencia en h2 • Cambio climático. • Conflictos geopolíticos • Disminución de precio del petróleo • Dependencia de gas natural • Competencia con electromovilidad y energía con fuentes primarias. • Introducción y competencia de combustibles sintéticos • Crisis económica mundial • Infraestructura de gas natural • Permanencia de combustibles fósiles • Mercados volátiles <p style="text-align: right;">Prepararse para defenderse. AMENAZAS</p>

Nota: Elaboración a partir del Modelo FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza.

Como se observa son pocas las **fortalezas** de México para adoptar el hidrógeno, necesita desarrollar más y enfocarse a reducir o eliminar sus **debilidades**, esto es importante porque se estiman oportunidades significativas para aprovechar y conservar.

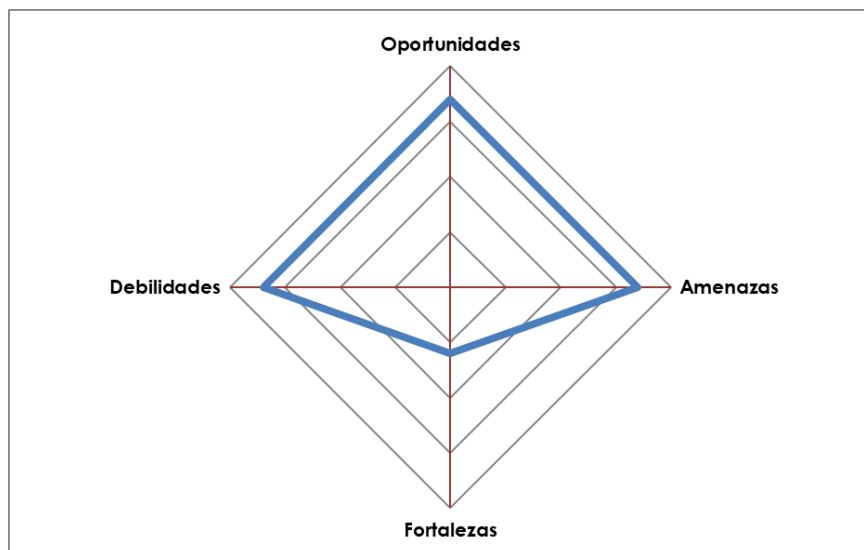
Para aprovechar las oportunidades y desarrollar el uso del hidrógeno en México se tienen fundamentalmente que **reducir** las debilidades observadas, estando en control de nuestro país, teniendo que articular acciones importantes para eliminarlas.

Posición estratégica

Como resultado de la evaluación prospectiva se puede observar la posición estratégica y para construir un mejor futuro, según el análisis FODA, en términos de sus componentes positivos y negativos para el desarrollo de la construcción del escenario deseado:

Figura 4. Diagrama FODA respecto a posición estratégica

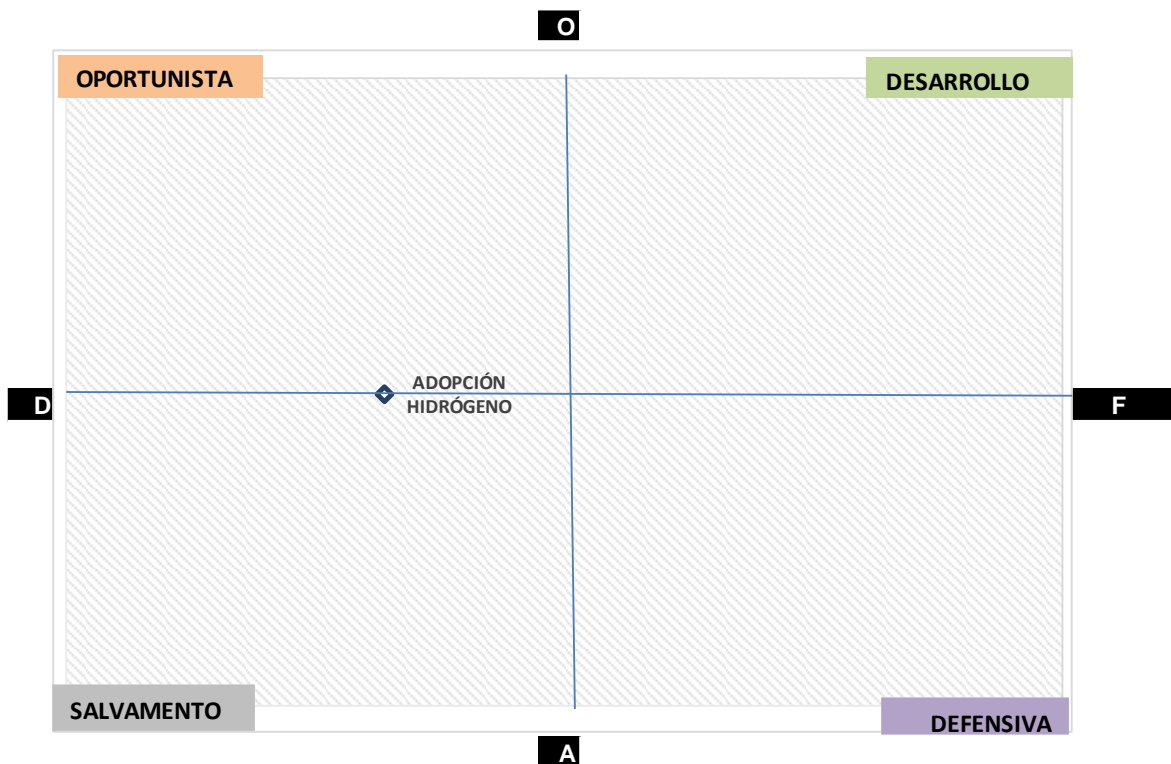
Elaboración a partir del modelo FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza.



En el diagrama se observa la existencia de oportunidades, pero también amenazas, así mismo, se tienen que construir fortalezas y disminuir de manera importante las debilidades, de alguna manera es adversa la situación.

La adopción del hidrógeno para la suficiencia energética en México se encuentra en el cuadrante que supone, dadas las **debilidades y amenazas posibles**, actuar para aprovechar las oportunidades. Se tienen que instrumentar acciones con los recursos disponibles para poder hacerlo.

Gráfica 2. Posición estratégica del escenario meta conforme al análisis FODA



Posición de Salvamento bajo la Metodología de FODA Prospectivo de la consultoría Inteligenzza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

COMENTARIOS

Con la finalidad de establecer la posición estratégica de la adopción del hidrógeno al año 2030 para lograr el futuro deseado, se desarrolló un ejercicio de FODA prospectivo, realizando primeramente un análisis en torno a detectar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, en función de ello, se puede observar a México con mayores debilidades que fortalezas, esto deriva de la ambigüedad de



criterios, iniciativas y/o claridad del ejecutivo federal para la adopción en México, es una realidad la presencia de una débil infraestructura de gas natural con lo cual se pudiese potenciar el hidrógeno a través de blending, adicional no se cuenta con un marco regulatorio para incentivar su uso y aprovechamiento, por ende, los escasos proyectos existentes son canalizados como energía solar o eólica, pero no por su composición principal de hidrógeno, esto desmotiva la entrada de empresas o inversionistas, a la par no se tiene claridad para proyectos de desarrollo tecnológico siendo deficientes y finalmente, la actuación del gobierno, su política basada en hidrocarburos y el alto costo en la producción del hidrógeno son recurrentes, todo ello, entre otros elementos desglosados en el apartado de “identificación de elementos” conforman las debilidades, en tanto que como fortalezas pueden sobresalir la existencia de la iniciativa privada con intereses en potenciarlo, así como instituciones encargadas de investigación en el país para formar a profesionistas siendo atractivo para las empresas el tener mano de obra especializada con instituciones que brinden una oferta educativa atractiva, evolucionando así al aumento de compañías con alta participación en el mercado del Gas Natural y Energía para potenciarlo.

Al revisar las oportunidades y amenazas, se puede observar que si bien existen en ambas una cuantía relevante, se puede preparar para defenderse u aprovecharlas, según sea el caso, por ende, aun cuando el entorno se convierta caótico presentándose una crisis en Estados Unidos o a nivel mundial, la presencia de un desarrollo tecnológico avanzado de hidrógeno, mercados volátiles, entre otros, se puede establecer un plan para defenderse y hacer frente, para ello, las oportunidades existentes que giran en su mayoría en materia ambiental como lo son los tratados ambientales, demandas y tendencias en movilidad, la demanda energética, entre otros, se puede preparar México para aprovecharlas.

Es así como fue determinante la clasificación de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, permitiendo así, evaluar y valorar cuales representan mayor relevancia para la adopción del hidrógeno, en el “diagrama FODA”, las



podemos visualizar, implicando o teniendo como finalidad, seleccionar los elementos de impacto para la mejor estrategia.

Por ende, la posición estratégica, resultado de la evaluación, resultó en el cuadrante de **SALVAMENTO** incidiendo en las **debilidades y amenazas posibles**, actuar para aprovechar las oportunidades. Podemos decir que, se tienen amenazas y debilidades indudablemente reflejando un futuro incierto para México y la dificultad para lograr concretar el futuro deseado. Si bien, existen muchos riesgos, las debilidades pueden hacer vulnerable al país, se debe actuar rápidamente.

Finalmente, 2024 y 2030 se tendrán cambios gubernamentales en el ejecutivo federal, pueden ser momentos de cambios para afianzar el hidrógeno en el país, sin embargo; la toma de decisiones de quién lidere al país será fundamental para avanzar con energías limpias y mediar con hidrocarburos, ante ello y por los momentos de coyuntura, se deberá actualizar este instrumento a fin de determinar qué posición jugará ante eventos en el futuro mediato.

Iniciativas para la adopción del hidrógeno y su transición energética en México al año 2030

El proceso de incorporación del hidrógeno en México, el escenario idealizado, puede provocarse o acelerarse a partir de iniciativas o fuerzas impulsoras que estimulen los cambios necesarios, estas iniciativas deben ser promovidas y articuladas por los actores clave, por ello la evolución de los escenarios y la construcción del deseado o ideal depende de la voluntad de los actores respecto a estas iniciativas.

Estas iniciativas o fuerzas son hechos importantes o contingentes para propiciar cambios en el sistema de estudio, son factores que atenúan la expansión, continuación, estancamiento o cambio de rumbo del sistema en estudio. A su vez

favorecen alianzas, acuerdos o confrontaciones entre los actores, su desenlace o realización depende del comportamiento y decisión de acción de estos.

Con base a los resultados del análisis de escenarios, el FODA realizado, las experiencias internacionales y entrevistas a expertos se seleccionaron las iniciativas que pudieran lograr el escenario deseado.

En términos generales se requiere la elaboración de una **estrategia extraordinaria y disruptiva**, de otra manera difícilmente se alcanzará el escenario establecido como deseado.



Así para lograr el escenario ideal para la adopción del hidrógeno en México se estimaron las siguientes iniciativas:

- 1 Implementación de proyectos piloto de hidrógeno verde.

- 2 Desarrollo de tecnología nacional para usos del hidrógeno.

- 3 Compra y adquisición de tecnología extranjera para aceleración del hidrógeno en México.

- 4 Desarrollo de un marco regulatorio para adopción del hidrógeno.

- 5 Influencia de grupos económicos y/o empresas sobre instituciones, gobierno y órganos reguladores.

- 6 Control del Estado sobre el sector energético (regulación e inversiones)

- 7 Restructuración de organismos reguladores por parte del Ejecutivo Federal.

8	Cumplimiento de objetivos de sostenibilidad (emisiones, cero carbonos, eliminación de hidrocarburos).
9	Ventaja diferencial contra precios elevados de los hidrocarburos.
10	Movilidad sostenible para operaciones de carga y logística.
11	Generación eléctrica a partir del hidrógeno.
12	Diálogo entre la iniciativa privada y gobierno para implementación del H2 en México.

Con la finalidad de conocer si existía o no relaciones de influencia entre ellas, elaboramos su propia matriz de impactos cruzados, obteniendo los siguientes resultados:

Dinámica de las iniciativas

N	Iniciativa	Motricidad	Dependencia	Ubicación
1	Implementación de proyectos piloto de hidrógeno verde.	No motriz	Independiente	Autónoma
2	Desarrollo de tecnología nacional para usos del hidrógeno.	No motriz	Independiente	Autónoma
3	Compra y adquisición de tecnología extranjera para aceleración del hidrógeno en México.	No motriz	Independiente	Autónoma
4	Desarrollo de un marco regulatorio para adopción del hidrógeno.	Motriz	Dependiente	Conflicto
5	Influencia de Grupos económicos y/o empresas sobre instituciones, gobierno y órganos reguladores.	Motriz	Dependiente	Conflicto
6	Control del Estado sobre el sector energético (regulación, inversiones)	Motriz	Independiente	Poder

7	Reestructuración de organismos reguladores por parte del Ejecutivo Federal.	Motriz	Independiente	Poder
8	Cumplimiento de objetivos de sostenibilidad (emisiones, cero carbonos, eliminación de hidrocarburos).	No motriz	Dependiente	Salida
9	Ventaja diferencial contra precios elevados de los hidrocarburos.	No motriz	Independiente	Autónoma
10	Movilidad sostenible para operaciones de carga y logística.	No motriz	Dependiente	Salida
11	Generación eléctrica a partir del hidrógeno.	Motriz	Dependiente	Conflicto
12	Diálogo entre la iniciativa privada y Gobierno para implementación del hidrógeno en México.	Motriz	Dependiente	Conflicto

Se tienen 12 iniciativas mostrando acciones necesarias en el panorama de México para conformar las bases del hidrógeno en el sector energético, partiendo de proyectos piloto necesarios para la demostración y modelos económicos hasta la necesidad de generar un diálogo entre los actores del sector para cimentar hechos palpables a una integración real dentro de la oferta energética nacional.

Impulsando las iniciativas de poder, Control del Estado sobre el sector energético (regulación e inversiones) y Reestructuración de organismos reguladores por parte del Ejecutivo Federal, que conformarían una política pública para la adopción del hidrógeno, darían sentido a una oferta de hidrógeno bajo bases firmes y objetivos claros, pero también con el control en casi su totalidad por parte del gobierno y, por tanto, atados a sus decisiones y políticas.



Dada su relevancia, las iniciativas de conflicto pasan a ser un factor determinante en este estudio, debido al desarrollo de un marco regulatorio para adopción del hidrógeno o la Influencia de grupos económicos y/o empresas sobre instituciones, gobierno y órganos reguladores, así como la generación eléctrica a partir del hidrógeno y trascendentalmente el diálogo entre la iniciativa privada y gobierno para implementación del hidrógeno en México, son iniciativas que cierran el diálogo y juegos de influencias para dar paso a marcos regulatorios o procesos para integrar las actividades del hidrógeno en varios de los segmentos de su cadena de valor, como los servicios especializados o proveeduría de partes o equipamiento, y es precisamente en una de estas iniciativas, la generación eléctrica – a partir del hidrógeno-, es una actividad de importancia estratégica visto envuelta recientemente en conflictos políticos y económicos, dados los cambios regulatorios y transformaciones recientes, por lo cual, se trata en este sentido de conflictos generados desde la falta de un diálogo entre el gobierno y el sector privado de ahí la estructuración de un marco legal robusto no se ha materializado acrecentando un conflicto dadas las posiciones presentadas, limitando en gran medida las aplicaciones que puede abordar el hidrógeno, aunado a su integración en planes y actividades reconocidas como estratégicas actualmente y cerrando de forma gradual el mercado energético.

Por otra parte, las iniciativas autónomas son la Implementación de proyectos piloto de hidrógeno verde, el desarrollo de tecnología nacional para usos del hidrógeno, la compra y adquisición de tecnología extranjera para aceleración del hidrógeno en México y los precios elevados de los hidrocarburos; de estos únicamente los precios elevados de los hidrocarburos se puede comprender como elementos fuera del control del sistema pero cuando se torna hacia los proyectos piloto o el desarrollo de tecnología nacional, se percibe en el sentido de realizarse aisladamente, partiendo del desarrollo tecnológico con las instituciones y universidades no se tiene la generación de patentes a nivel nacional y se trabaja de forma aislada por las instituciones y universidades por esta razón no se han desarrollado planes conjunto ni cadenas de valor prácticas para lograr un cierto grado de independencia



tecnológica, lo cual incide en la compra y adquisición de los equipos e insumos necesarios en el mercado internacional, teniendo la libertad de negociar libremente con la variedad de posibles proveedores existentes y las diferentes tecnologías empleadas, esto conlleva una falta de estandarización y diferentes niveles de experiencia y aprendizaje para cada desarrollador de proyectos u actor de interés.

El análisis de las iniciativas cierra con el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad (emisiones, cero carbono y eliminación de hidrocarburos) y la movilidad sostenible para operaciones de carga y logística, identificándose como de salida por referirse a aplicaciones que contarán con el potencial de crecer en función del desarrollo, perfeccionamiento de los procesos y tecnología para sintetizar el hidrógeno, su transporte y almacenamiento de forma más económica y de mayor escala.

Dinámica de los actores para la adopción del hidrógeno y su transición energética en México al año 2030

Como se señaló anteriormente, la construcción del escenario idealizado depende de la voluntad de los actores involucrados, es importante comprender sus relaciones y alianzas en un momento dado; su fuerza o poder para realizar un proyecto, para imponer o subordinarse a un propósito que definirá el escenario resultante.⁴

Un actor es quien representa un papel dentro del escenario. Cada uno de ellos tiene aspiraciones e intereses, ideas, proyectos, compromisos e insatisfacciones.

Para entender la dinámica de evolución de los escenarios específicamente del idealizado, necesitamos identificar e interpretar la relación de fuerzas existente entre los distintos actores, esto se realizó mediante la elaboración de una matriz de impacto cruzado entre los actores participantes. Con ello los podemos clasificar con base en su motricidad y dependencia respecto a los demás:

⁴ Método CEM Actores. Manuel Cervera Medel

Figura 5. Clasificación de actores mediante MIC

PODER/DOMINANTES Motriz No dependiente DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO	DE ENLACE Motriz Dependiente PUEDEN SER CATALIZADORES DE CAMBIO
AUTÓNOMOS No motriz No dependiente SE ADAPTAN AL COMPORTAMIENTO GENERAL	SALIDA/DOMINADOS No motriz Dependiente EL COMPORTAMIENTO ES DEPENDIENTE

Clasificación de Actores mediante la matriz de impacto cruzado, bajo la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento, de la consultoría Inteligenza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

Esta relación de fuerzas no es una situación estática que pueda establecerse como permanente, experimenta cambios constantemente reflejando los intereses, avances y relaciones de subordinación, conflicto o coaliciones. Así las capacidades de influencia entre los actores se reflejan y activan con base en intereses específicos, para momentos coyunturales y/o proyectos particulares los distribuye conforme a ellos:

	<i>Actúan con decisión y claridad para alcanzar sus objetivos e intereses de grupo buscando salir triunfantes en un determinado escenario.</i>
PROTAGONISTAS	
	<i>Actores que colaboran con los protagonistas por convenir a sus propios intereses.</i>
ALIADOS:	
	<i>Actores que tienen intereses contrarios a los objetivos de los protagonistas por lo que se oponen a que los alcancen.</i>
ANTAGONISTAS	



DESTINATARIOS

Aquellos actores que recibirán los beneficios o daños de la acción de los protagonistas.

SECUNDARIOS

Son aquellos presentes en el escenario que se adaptan a su desenlace conforme a sus propios intereses o compromiso.

Los actores en el escenario de adopción del hidrógeno

México ha enfrentado eventos de coyuntura y retos impulsados a tomar decisiones en torno a temas de interés nacional, para este caso la introducción de nuevas tecnologías en el aprovechamiento del hidrógeno no es la excepción pues considerando la apuesta principal de las políticas públicas se torna a los hidrocarburos como fuente principal de energéticos para los siguientes 30 años o más, el panorama internacional tiene una visión diferente impactando la integración de energías alternativas o con un menor impacto en el medio ambiente.

Con esto en mente, se identificaron 15 actores representando un papel dentro del contexto de la adopción del hidrógeno en México con acciones y estrategias diversas respondiendo a intereses de empresas, autoridades, desarrolladores o posibles usuarios, entre otros, recordando que actualmente es un punto de partida para integrar en México el hidrógeno como parte de la oferta de energéticos.

	ACTOR	OBJETIVO/INTERESES
1	Asociación Mexicana del Hidrógeno y movilidad sostenible	Conglomerar a empresas, instituciones y aliados estratégicos como parte de la estrategia nacional de generar un sector profesional y potencial para ciertos proyectos específicos de hidrógeno del sector privado.
2	Sociedad Mexicana del Hidrógeno	Grupo de Científico - Académicos, formalizados hace 15 años con diferentes estudios del Hidrógeno y relevancia media, derivado de la falta de recursos económicos y



cohesión del sector, cuyos principales institutos y asociaciones no buscan potenciar el hidrógeno con proyectos, su fin es investigación y han realizado convenios con la AMH.

3	Gobierno Federal México	Política energética enfocada en el desarrollo de hidrocarburos, está sometido a la presión nacional e internacional en energías alternativas, cediendo marginalmente ante el desarrollo de proyectos piloto a través de CFE y PEMEX.
4	Siemens de México	Corporación multinacional con productos y servicios en diversos sectores, fortalecido en tecnología como referente en Alemania. Pretende desarrollar proyectos en México a través de productos y servicios especializados en el H2. Involucramiento directo con la Agencia de cooperación alemana GIZ para congresos y exposiciones.
5	Comisión Federal de Electricidad	Empresa productiva del Estado con autonomía marginal que pretende la reducción de la dependencia de Gas Natural con Estados Unidos.
6	Conglomerado de intelectuales y especialistas en Energía	Grupos de choque buscando mantener la política energética del gobierno predecesor y/o Reforma Energética 2013, alineados por Empresarios y grupos económicos.
7	Clúster energético zona Norte y centro del país	Conglomerado de industriales y sectores estratégicos buscando impulsar el Hidrógeno en sus industrias por ser motor económico, así como atraer inversiones para sus Estados.
8	Sempra infraestructura	Empresa energética fusionada entre lenova y Sempra GNL para promover proyectos cero emisiones, contando con



(Irenova-sempra infraestructura). fuertes nexos políticos y económicos en México y EUA, poseen una infraestructura energética rentable y amplia, buscando expandirse en nuevos negocios del sector y energías alternativas (GN - Blending). Con proyectos vigentes.

9 **GIZ Agencia Alemana** Ente encargado de influenciar y desarrollar estrategias para asegurar suministros energéticos alternativos de Alemania, empleando a diversos consultores y apuntalando la oferta tecnológica propia de su país en México y América Latina.

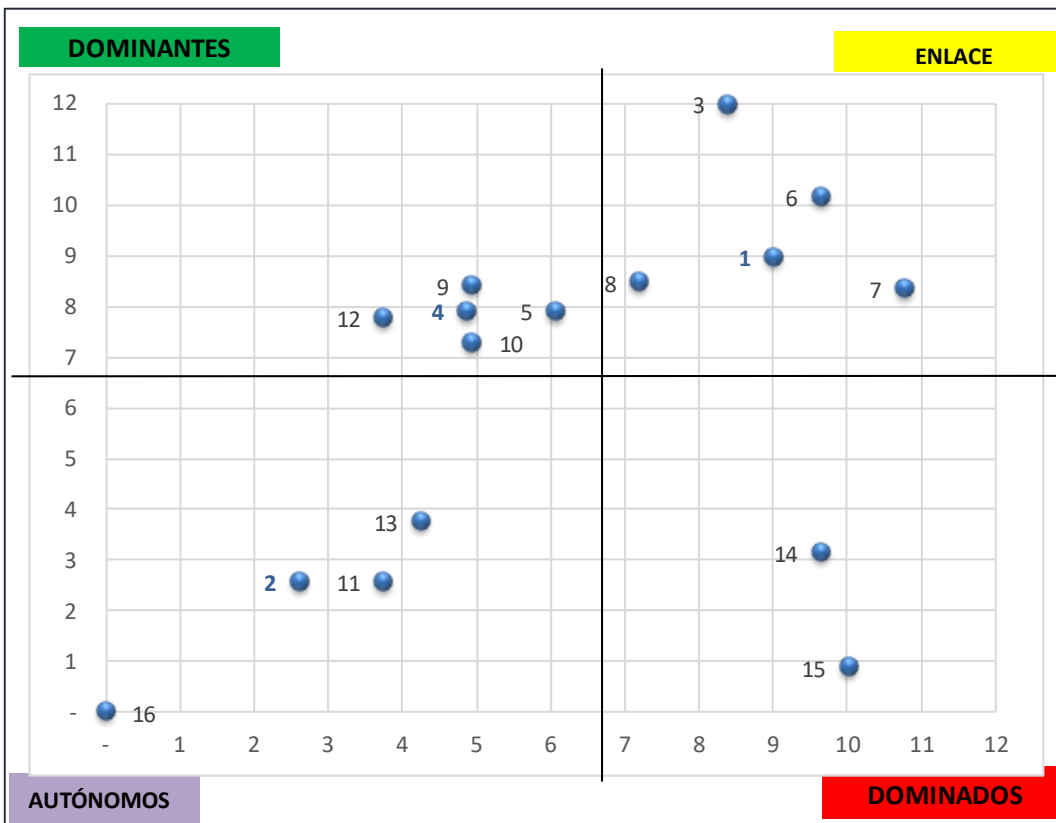
10 **Gas Natural del Noroeste** Empresa con poder político y económico, contando con infraestructura y servicios estratégicos en energía en todo México, interesado en desarrollar el Blending, y actualmente tiene un proyecto piloto de h2 con su infraestructura. (Vinculan con Grupos delictivos teniendo escándalos e investigaciones).

11 **Rogelio Rodríguez Velásquez (Mareógrafo, CMM, Ingeniería especializada).** Profesional del Sector energético con una trayectoria de +20 años, presente en diversas empresas del sector energético y desarrolla actualmente proyecto piloto en un campo asignado para producción de GN.

12 **Centro Mario Molina (Carlos Slim Helú, Jesús Reyes-Heroles González-Garza y Pedro Aspe Armella)** Ente político, económico nacional e internacional (intervención del UK Pact), el cual identifica avances y proyectos en materia del hidrógeno en México. Se identifica como relevancia, numerosos exfuncionarios y figuras empresariales con inversiones altas en hidrocarburos. Proyectos piloto Reino Unido y México.

13	Neptuno Solar SA de CV	Empresa que desarrolla una central fotovoltaica para la producción de hidrógeno, en el Estado de San Luis Potosí. Pionera en H2.
14	Gensa (Gasoductos y estaciones del Norte).	Promoción y aprovechamiento de equipos para blending o estaciones que trabajen 100% a hidrógeno en el sector energético de México.
15	Usuarios potenciales de hidrógeno	Son los posibles usuarios del hidrógeno de los diversos sectores industriales o de servicio bajo criterios de ahorro, eficiencia o mejora de sus procesos productivos.

Gráfica 3. Ubicación de los actores según su influencia.



Nota: Representación de la ubicación de los actores según su papel en la adopción del hidrógeno, elaboración propia a través de la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento, de la consultoría Inteligenzza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

Tabla 10. Clasificación de dependencia y motricidad de los actores.

Núm. m.	Actor	% Mot	% Dep	Motricidad	Dependencia	Ubicación
1	Asociación Mexicana del Hidrógeno y movilidad sostenible	8.96%	9.02 %	Motriz	Dependiente	Enlace
2	Sociedad Mexicana del Hidrógeno	2.57%	2.63 %	No motriz	Independiente	Autónomo
3	Gobierno Federal México	11.97 %	8.40 %	Motriz	Dependiente	Enlace
4	Siemens de México	7.89%	4.89 %	Motriz	Independiente	Dominante
5	Comisión Federal de Electricidad	7.89%	6.08 %	Motriz	Independiente	Dominante
6	Conglomerado de intelectuales y especialistas	10.15 %	9.65 %	Motriz	Dependiente	Enlace
7	Clúster energético zona Norte y centro del país	8.33%	10.78 %	Motriz	Dependiente	Enlace
8	Sempra infraestructura	8.46%	7.21 %	Motriz	Dependiente	Enlace
9	GIZ Agencia Alemana	8.40%	4.95 %	Motriz	Independiente	Dominante

10	Gas Natural del Noroeste	7.27%	4.95 %	Motriz	Independiente	Dominante
11	Rogelio Rodríguez Velásquez	2.57%	3.76 %	No motriz	Independiente	Autónomo
12	Centro Mario Molina	7.77%	3.76 %	Motriz	Independiente	Dominante
13	Neptuno Solar	3.76%	4.26 %	No motriz	Independiente	Autónomo
14	Gensa	3.13%	9.65 %	No motriz	Dependiente	Dominado
15	Usuarios potenciales de hidrógeno	0.88%	10.03 %	No motriz	Dependiente	Dominado

Nota: Porcentaje de dependencia y motricidad de los actores dependiendo de su ubicación, elaboración propia a través de *la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento*, de la consultoría Intelgenzza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

Actores dominantes

En este panorama los actores dominantes identificados son: Siemens, la Comisión Federal de Electricidad, la Agencia para la Cooperación Alemana GIZ, Gas Natural del Noroeste y el centro Mario Molina; estos concentran características trascendentales dentro del panorama del hidrógeno en México, siemens es a nivel mundial uno de los principales proveedores de tecnología del hidrógeno y un fuerte promotor de este a nivel del gobierno alemán, contando con una amplia representación en los gobiernos latinoamericanos, para el caso de la comisión federal de electricidad su rol como suministrador principal de energía en México le provee de un papel preponderante en el desarrollo del sector energético y sus perspectivas, ya que las acciones realizadas en el desarrollo de infraestructura nueva o la modificación de su infraestructura presente, determinarán el camino a



seguir en el sector público y privado en conjunto con toda la cadena de valor y suministros necesarios para la implementación en el país.

Bajo este mismo enfoque se encuentra la empresa Gas Natural del Noroeste, concentrando una amplia red de sistemas de transporte y distribución de gas natural en México siendo capaz de influir en el desarrollo del sector dependiendo de las decisiones tomadas y las acciones emprendidas por motivos económicos o comerciales, así tenemos dos actores dominantes relevantes por su accionar en torno al hidrógeno de forma sostenida y relevante; uno es el centro Mario Molina cuya importancia reside en ser un centro de investigación estudiando cambios y oportunidades a futuro promoviendo estrategias, dentro de este centro lo integran figuras reconocidas en los ámbitos académicos, económicos, políticos y empresariales cuya finalidad será identificar elementos relevantes y estrategias para su adopción bajo un pensamiento empresarial, para el caso de la agencia de cooperación alemana GIZ, esta desarrolla un papel de relevancia política y económica en función de promover el hidrógeno como una solución energética con la intención de generar proveedores y mercados en México en los que intervengan empresas como Siemens y sus relaciones políticas y comerciales brindando a Alemania en el mediano plazo de fuentes de hidrógeno accesibles con precios competitivos.

El segundo bloque de relevancia son los actores de enlace, dentro de estos se encuentran la Asociación Mexicana del Hidrógeno, el Gobierno Federal México, el Conglomerado de intelectuales y especialistas, el Clúster energético zona Norte y centro del país y Sempra infraestructura, estos se identifican por mantener una actitud pasiva para desarrollar la infraestructura del hidrógeno, pero se torna activa en las convocatorias para unirse a iniciativas contempladas desde sus intereses e influencia, por otro lado, es necesario hacer la aclaración acerca del rol del gobierno federal como un actor de enlace, siendo conocido como una figura de poder y autoridad en un sentido estricto, sin embargo, en el caso del hidrógeno se encuentra como observador estando al margen, limitándose a acciones moderadas y diálogo



básico con los actores dominantes realizando acciones limitadas en su alcance principalmente de carácter experimental a mediano plazo.

En el caso de los actores autónomos se presentaron en este análisis 3, siendo la Sociedad Mexicana del Hidrógeno, Rogelio Rodríguez Velásquez y Neptuno Solar, tomando este rol a partir de realizar acciones de manera particular para el desarrollo de proyectos de generación de hidrógeno promoviendo el quehacer científico por parte de la sociedad Mexicana del Hidrógeno, Rogelio Rodríguez Velásquez y Neptuno Solar planean producir hidrógeno en la fase de prueba.

Finalmente, llegamos a los actores dominados situando a Gensa y Usuarios potenciales de hidrógeno; dada la producción del hidrógeno bajo un estado de ambigüedad, los posibles interesados en comercializar productos y servicios como Gensa enfrentan la incertidumbre de un segmento que crece a nivel mundial pero el estancamiento vivido en México solo da un margen limitado de ventas por la falta de proyectos firmes, habiendo en su mayoría propuestas o anteproyectos, esto trae para los usuarios posibles, interés en el hidrógeno como opción, en medio de un panorama que disuade e impide el desarrollo de proyectos para producción o consumo, pues tendrían en todo caso que emprender en este campo.

Posición de los actores frente a las iniciativas para la adopción del Hidrógeno

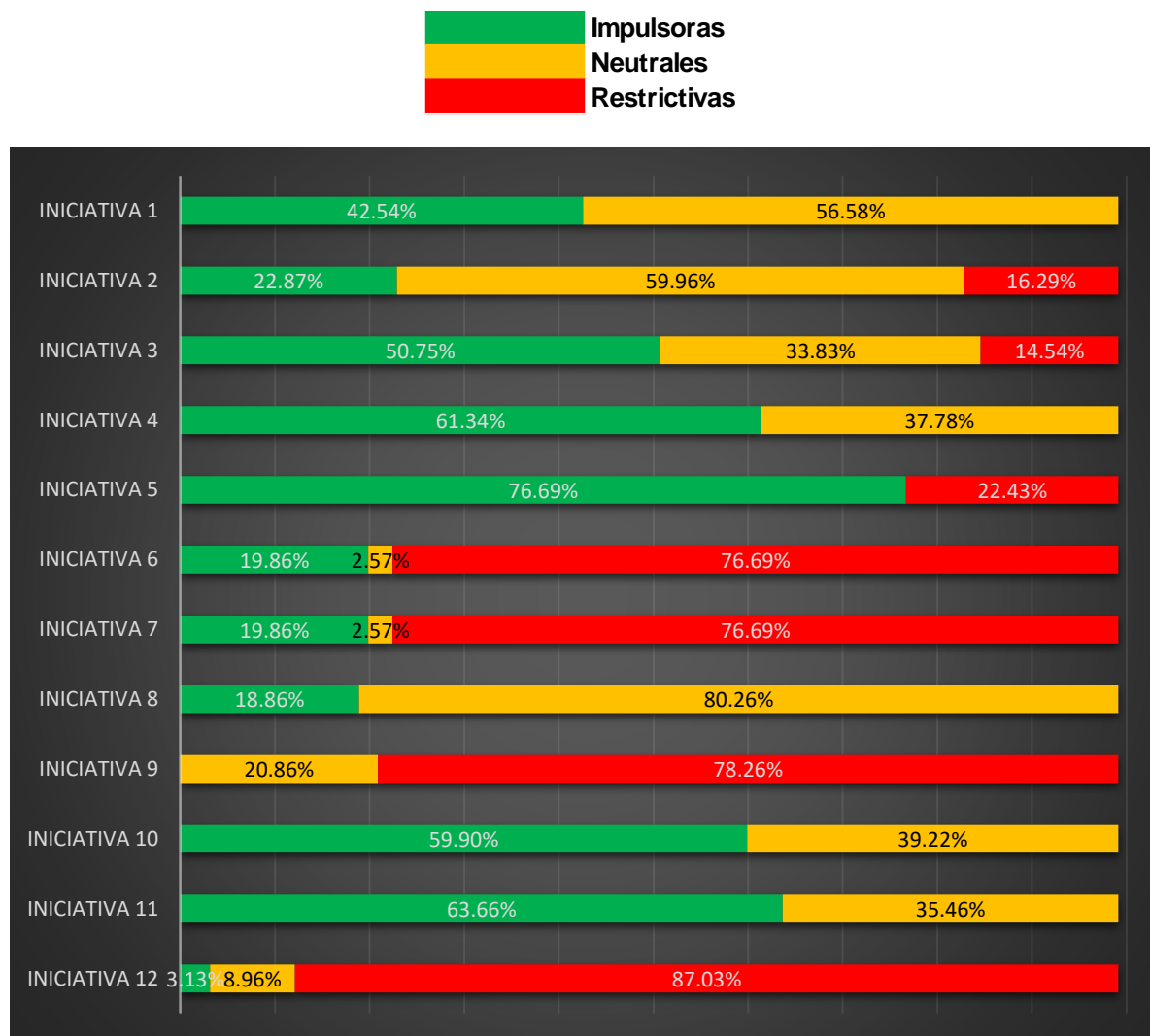
Considerando los intereses u objetivos de cada uno de los actores, se estimó su aceptación de cada una de las iniciativas, obteniendo su conformidad con el conjunto de ellas y asignando el papel a desempeñar para su concreción:

N	Actor	Ubicación	Conformidad	Rol
---	-------	-----------	-------------	-----

1	Asociación Mexicana del Hidrógeno y movilidad sostenible	Conflicto	33.00%	Protagonista
2	Sociedad Mexicana del Hidrógeno	Autónoma	41.67%	Aliado
3	Gobierno Federal México	Conflicto	25.00%	Antagonista
4	Siemens de México	Poder	58.33%	Destinatario
5	Comisión Federal de Electricidad	Poder	25.00%	Secundario
6	Conglomerado de intelectuales y especialistas en Energía.	Conflicto	41.67%	Secundario
7	Clúster energético zona Norte y centro del país	Conflicto	33.33%	Aliado
8	Sempra infraestructura	Poder	41.67%	Protagonista
9	GIZ Agencia Alemana	Poder	50.00%	Aliado
10	Gas Natural del Noroeste	Autónoma	16.67%	Aliado
11	Rogelio Rodríguez Velásquez	Poder	41.67%	Destinatario
12	Centro Mario Molina	Autónoma	33.33%	Protagonista
13	Neptuno Solar SA de CV	Autónoma	41.67%	Destinatario
14	Gensa	Salida	58.33%	Destinatario
15	Usuarios del hidrógeno	Salida	0.00%	Destinatario

De manera individual la aceptación para cada una de las iniciativas y considerando la posición de los actores ante ellas y su capacidad de influencia, tenemos la siguiente proyección como fuerzas a favor o en contra, presentando el porcentaje obtenido:

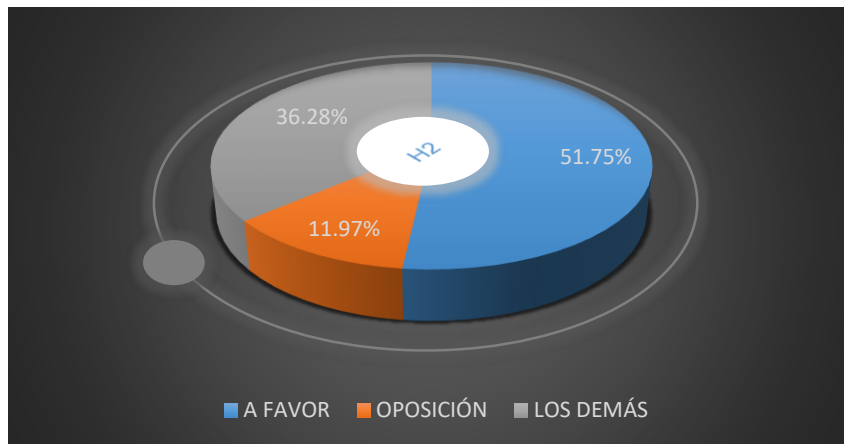
Gráfica 4. Situación de las iniciativas de impulso al uso del hidrógeno



Nota: Situación de las iniciativas respecto a la adopción del hidrógeno, elaboración propia a través de *la metodología de Configuración de Escenarios en Movimiento*, de la consultoría Inteligenzza del Dr. Manuel Cervera Medel, aplicado para empresas y gobierno.

Como resultado general se obtuvo que el conjunto de las iniciativas tiene un 51.75% a su favor, mientras que en oposición a las mismas tiene un 11.97%

Figura 6. Fuerzas a favor y opositoras de las iniciativas



Elaboración propia.

Como dinámica entre los actores considerando las relaciones de influencia y dependencia, el porcentaje de viabilidad se reduce a 51.75%, a partir de esto se detallan las iniciativas en torno a su situación.

Iniciativa 1: Implementación de proyectos piloto de hidrógeno verde.

Capacidad: Autónoma

Situación: **En pugna**

Los proyectos piloto siguen siendo un tema de coyuntura en México, se enfrentan a vacíos legales, y un manejo político en torno al sector energético haciendo más compleja su implementación, por lo cual aunque existen actores identificados en el estudio conforme a lo investigado y entes externos sin comunicar sus proyectos para el desarrollo de estos, la realización depende de diversas estrategias legales y mediáticas, así como medir tiempos en cuanto a su conveniencia tanto técnica como económica e infiere a tratar de



esfuerzos individuales de empresas y empresarios principalmente del sector privado, pues el compromiso del sector público es solamente hacia la demostración con volúmenes mínimos y de mediano plazo.

Iniciativa 2: Desarrollo de tecnología nacional para usos del hidrógeno.

Capacidad: Autónoma

Situación: **En pugna**

Partiendo de la tecnología presente a nivel mundial desarrollada por varios países de América, Europa o Asia los cuales están en proceso de adquirir mercado y competencia, en México y el sector del desarrollo tecnológico que engloba instituciones públicas, privadas y universidades, no cuentan con un plan y proceso desarrollado de comunicación y vinculación, así como objetivos comunes a nivel país, o sectores privado o gubernamental, en este sentido será un desafío generar la tecnología propia para ser patentada y producida en el país dando lugar a una proveeduría para los proyectos que se planteen.

Iniciativa 3: Compra y adquisición de tecnología extranjera para aceleración del hidrógeno en México.

Capacidad: Autónoma

Situación: **En pugna**

Las empresas de tecnología de países desarrollados cuentan con los elementos necesarios para la generación de la tecnología, así como la demanda para sus productos y servicios potenciales mediante las políticas de apoyo y desarrollo tanto industrial como de innovación en países como Dinamarca, estados unidos, Alemania o China, dado su peso estratégico, poder económico, político y el costo mismo de la inversión incidiendo en países identificados para hacerse clientes que desarrollen proyectos empleando su tecnología y más si se toma en cuenta que muchos de estos son dependientes o tienen áreas de lobby o negociación política incurriendo en las decisiones y negociando muchas veces en el límite de prácticas comerciales con actores del sector energético y asociaciones privadas y públicas.



Iniciativa 4: Desarrollo de un marco regulatorio para adopción del hidrógeno.

Capacidad: Conflicto

Situación: **Se logrará**

El sector energético es fundamental en las funciones del gobierno, ya sea como desarrollador o regulador del mercado, para esto el marco normativo es de suma importancia para desarrollar actividades armónicas y transparentes, para el caso de México la política dio recientemente un giro del libre mercado hacia un modelo propio semi nacionalista concentrando segmentos estratégicos como la generación y la exploración de precursores de energéticos en manos del estado y norma un mercado limitado en alcance y capacidad para el sector privado, las energías alternativas como el hidrógeno no están presentes dentro de la matriz energética ya que no es un objetivo desarrollarlo dentro de la política del estado, dejando a los interesados trabajar mediante variantes legales en la obtención de permisos y autorizaciones necesarias para la construcción y operación, por esta razón, se tiene esta iniciativa en conflicto no es posible anteponerse al avance normativo a nivel internacional y forzar al estado el desarrollo de leyes básicas para las empresas que requieren a fin de dar la certeza legal a sus proyectos y por ende a su rentabilidad.

Iniciativa 5: Influencia de grupos económicos y/o empresas sobre instituciones, gobierno y órganos reguladores.

Capacidad: Conflicto

Situación: **Se logrará**

Derivado de los cambios recientes en México se sustituyó un modelo de libre mercado fuertemente influenciado por grupos de poder político y económico y empresas desarrolladoras en el diseño mismo del mercado y la normatividad relativa para su operación. Si bien aspectos políticos han cambiado completamente por grupos de poder disputando el control del país, grupos económicos avanzan continuando, operando dentro del gobierno actual, con lo que se mantienen estrategias y acciones pudiendo ser defensivas u

ofensivas cuyo objetivo final es proponer y potenciar esquemas afines a sus intereses y empresas.

Iniciativa 6: Control del Estado sobre el sector energético (regulación e inversiones)

Capacidad: Poder

Situación: ***Difícilmente se logrará***

Actualmente se desarrolla una fase de reestructuración del sector energético bajo preceptos de soberanía, apoyo de empresas del estado como pilares de la economía y proveedores de un semimonopolio por parte del estado, ante esto, si bien el gobierno tiene una posición de actor con autoridad, la influencia y lo profundo de las relaciones económicas y de poder tienen la fuerza suficiente a través de diversos actores políticos, empresariales y económicos obstaculizar de manera importante este proceso mediante estrategias legales a nivel nacional e internacional.

Iniciativa 7: Reestructuración de organismos reguladores por parte del Ejecutivo Federal.

Capacidad: Poder

Situación: ***Difícilmente se logrará***

Un elemento de valor fundamental en el proceso de integrar el hidrógeno lo constituyen los órganos reguladores, estos parten de un esquema anterior de libre mercado en el cual tenían una mayor comunicación y trabajo conjunto, actualmente el esquema de trabajo es ambiguo con un sector creado bajo esquemas de mercado e instituciones afines a esta ideología, se desarrollan las actividades bajo políticas de soberanía y del sector público como prioridad, con esto se manifiesta el problema de raíz sobre estos organismos y dada las estructuras base presentes durante las reformas previas, hacen complejo llegar a realizar esta iniciativa se mantendrá el conflicto entre la forma de introducir y desarrollar energías alternativas dentro de las políticas actuales.



Iniciativa 8: Cumplimiento de objetivos de sostenibilidad (emisiones, cero carbono y eliminación de hidrocarburos).

Capacidad: Salida

Situación: *En pugna*

Si bien se tienen los objetivos de sostenibilidad impulsados por diversos organismos internacionales, estos tienen cierto grado de relevancia en las políticas impulsadas a nivel interno por los países que los implementan, en el caso de México si bien son independientes la aplicación es un proceso de pugna interna y externa entre fuerzas políticas e instituciones y agrupaciones internacionales que los estimulan desde una relevancia documental y presión internacional induce a actores internos realizar acciones publicitarias, bajo este contexto se prevé el cumplimiento se dé con altibajos, afectando el desarrollo de energías alternativas como el hidrógeno implicando el desarrollo de inversiones de largo plazo y el cambio enfoque del gobierno actual.

Iniciativa 9: Precios elevados de los hidrocarburos.

Capacidad: Autónoma

Situación: *Difícilmente se logrará*

En el proceso de desarrollar un contexto propicio para el hidrógeno como fuente de energía rentable y limpia, existen una gran cantidad de contratiempos y problemas alrededor de este proceso, sin duda uno de los más retadores es la industria de los hidrocarburos, actualmente son una fuerza económica, política y tecnológica capaz de influir de forma decisiva tanto en gobiernos como en el plano internacional, para lo cual no existe mayor ejemplo de esto que las variaciones en el precio de los hidrocarburos y sus implicaciones a nivel mundial donde los gobiernos entablan negociaciones en este sentido, por lo cual visualizar la necesidad de implementar las energías alternativas ante elevación de precios de petróleo es autónoma y de difícil conjugación, sería la oportunidad para un desarrollo acelerado de las energías alternativas como el hidrogeno.

Iniciativa 10: Movilidad sostenible para operaciones de carga y logística.



Capacidad: Salida

Situación: **Se logrará**

La logística es a nivel mundial una de las fuentes más grandes de consumo de hidrocarburos con la contaminación que conlleva en este proceso, el hidrógeno ha probado de forma experimental ofreciendo un cambio en este sentido mediante hidrógeno en motores de combustión, celdas de hidrógeno y las variedades de este tales como el gas y la licuefacción, todos estos son desarrollos que darán el paso para evitar la contaminación para este sector, identificado de salida y aunque el proceso aún están experimentando y refinando, los sistemas necesarios para propulsar eventualmente se logran y sobretodo generara el estándar de la logística con estos medios más eficientes.

Iniciativa 11: Generación eléctrica a partir del hidrógeno.

Capacidad: Conflicto

Situación: **Se logrará**

Una de las actividades implicadas en la gran cantidad de contaminación y el consumo de hidrocarburos es la generación eléctrica, identificada como una iniciativa de conflicto rondando alrededor de esta un sinnúmero de elementos tecnológicos, sociales y económicos, suponen un reto desde el punto de vista tecnológico y de inversión enorme siendo posible a partir de políticas públicas puntuales y objetivos concretos a partir de un programa u hoja de ruta debiendo seguir para una transformación parcial o total de la sociedad que tomará una considerable cantidad de años.

Iniciativa 12: Diálogo entre la iniciativa privada y Gobierno para implementación del hidrógeno en México.

Capacidad: Conflicto

Situación: **Difícilmente se logrará**



El ambiente actual de confrontación genera aumentar la cantidad de conflictos y rispidez en todos o la mayoría de los temas de importancia para el desarrollo de México, el sector energético ha sido desde el principio de la presente administración un tema usado como arena para enfrentamientos ideológicos, económicos, tecnológicos y sociales entre fuerzas del gobierno, sector privado y actores con interés que mantienen influencias y operaciones dentro del sector; partiendo que los hidrocarburos y los combustibles han sido objeto de un mercado abierto dejando poca relevancia a las energías alternativas, actualmente se ha convertido en un estandarte de la oposición que lo usa como medio de enfrentamiento con las políticas oficiales acerca del rumbo energético de México, siendo los hidrocarburos en una actividad exclusiva del gobierno y sus empresas en toda su cadena de valor, haciendo muy difícil el dialogo directo para posicionarse ambos, gobierno y sector privado en preferencias de la población.



2.2 Conclusiones y consideraciones finales.

El futuro deseado del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México al año 2030, su posición estratégica y el papel de los actores.

¿Qué necesitaremos para concretar el futuro deseado?

La velocidad de los cambios cada vez con mayor incertidumbre y la constante preocupación por la energía como un recurso vital, es un tema que se ha visibilizado ante las transformaciones en la dinámica de ciudades y territorios, cada día más industrializadas y, por ende, con una fuerte demanda del energético, es así como países se suman a emplear energías de transición para asegurar su confiabilidad. Por esta razón, se ha desarrollado el presente documento implicando un análisis estratégico en función de visualizar al país como un adoptante del hidrógeno al año 2030, siendo necesario el brindar las estrategias idóneas para su implementación, uso en los diferentes procesos de su cadena de valor y posterior potencialización para ser competitivo y concretar su futuro deseado, para tal objetivo, se retomó la información núcleo del estudio prospectivo de Escenarios posibles y probables de México y su competitividad al año 2030.

Apostar hipotéticamente al logro del escenario deseado para desarrollar un mejor sistema energético y satisfacer las necesidades sociales de poblaciones y territorios, conlleva el determinar las estrategias adecuadas, México por ahora cuenta con escasa tecnología para el aprovechamiento del hidrógeno, mientras que, en la cadena de valor, aún está en desarrollo y en varios de los procesos requiere de mejoras o incluso de soluciones radicales que aumenten la eficiencia y confiabilidad para su producción, es decir; actualmente no tenemos las condiciones necesarias para implementarlo, por ello, la elaboración del presente estudio estratégico del escenario idealizado, la identificación de las acciones necesarias, la



estimación del comportamiento de los actores y las premisas permitieron identificar sus roles como antagónico, favorable o indiferente, denotando grandes problemas para su realización por la inacción de los decisores derivado de la falta de acuerdos y apoyos entre el sector privado y gobierno, sin embargo, este estudio parte de visualizar un futuro donde se aproveche el hidrógeno, por ello se desarrolló un ejercicio empleando el FODA prospectivo para determinar su posición estratégica a la par de los actores para impulsarlo.

Así el futuro idealizado, siempre posible, mediante este estudio prospectivo nos arrojó:

1. Existe una brecha importante tanto cuantitativa como cualitativamente.
2. Las tendencias internacionales como nacionales pueden favorecer el uso del hidrógeno en México.
3. El análisis FODA confirma la complejidad del escenario al situarlo en una zona intermedia que presenta muy buenas oportunidades, aunque también amenazas, por lo que supone crear y mantener fortalezas.
4. Se identificaron 12 iniciativas para acercar a México al escenario deseado.
5. La aplicación de estas iniciativas dependerá de la voluntad de los actores, se estima que los actores tendrán que negociar y establecer alianzas para ejecutarlas.

Como sabemos el futuro no está determinado, para mejorarlo no basta con la capacidad de anticiparlo, sino con la acción para hacerlo realidad, es así como el análisis realizado, brindó elementos trascendentales para visualizar al hidrógeno como una fuente primordial de uso y aprovechamiento para procesos distintos dentro de la cadena de valor, implicando no solamente aspectos tecnológicos, sino marcos legales robustos para dar certeza en la implementación, así como condiciones económicas y de mercado, por lo cual, el FODA prospectivo retomando las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, fueron clasificadas mediante los criterios de oportunidades y amenazas importantes para el éxito de la incorporación del hidrógeno, así como las fortalezas y debilidades de igual



prevalencia por su evolución en el tiempo, partiendo así, con la posición estratégica que ocupa el Hidrógeno en México para su adopción y aprovechamiento es que indudablemente existen oportunidades a nivel internacional pero también la prevalencia de amenazas, para ello, México tiene que ir construyendo fortalezas indudablemente que a la par puedan disminuir las debilidades que son preponderantes en este estudio, por ende, es adversa la situación. Dicho de otra manera, la oportunidad subyace en que a nivel internacional se cuenta con tratados internacionales para reducción del dióxido de carbono, así como una demanda energética por países, economía internacional globalizada, mientras que en México particularmente tenemos la cercanía con Estados Unidos e invariablemente la abundancia de gas natural, estas oportunidades se pueden balancear y contrarrestar con las amenazas, por mencionar algunas, el desarrollo tecnológico avanzado, competencia con la electro movilidad, introducción de combustibles sintéticos y la crisis económica mundial que subsiste en los países, esto por vislumbrando de manera globalizada, sin embargo; México para lograr adoptar el hidrógeno, tendrá que potenciar sus fortalezas que actualmente son escasas dentro de las cuales aprovechar que la iniciativa privada tienen interés en el energético, así como la mano de obra especializada y oferta educativa puede ser potenciador para que aumenten proyectos y se concreten en menor tiempo, así como también, si se está preparado y alerta, puede ir mitigando y trabajando las debilidades que presenta como la endeble infraestructura de gas natural, la normatividad deficiente y finalmente, la escasa cantidad de producción de gas natural. Por todo lo mencionado, fue fundamental determinar la posición estratégica de México, ocupando la posición de SALVAMENTO implicando que debe aprovechar las oportunidades, prepararse para defenderse ante las amenazas e invariablemente ir trabajando las debilidades incrementando sus fortalezas, pero ¿qué papel jugarán los actores frente a las iniciativas?



El estudio de los actores y las iniciativas permitió determinar las estrategias a seguir para el aprovechamiento del energético, por lo tanto, en el documento muestra qué papel juegan y conjuntando con las iniciativas, existen un 51.75 % de viabilidad, considerando como iniciativas para lograr son: Desarrollo de un marco regulatorio para adopción del hidrógeno, Influencia de grupos económicos y/o empresas sobre instituciones, gobierno y órganos reguladores, Movilidad sostenible para operaciones de carga y logística y finalmente la Generación eléctrica a partir del hidrógeno, por todo ello, el papel que desempeñen la Sociedad mexicana del hidrógeno, los clúster energéticos, la agencia alemana y las empresas más desarrolladas en el país, será crucial para el futuro del hidrógeno en México, por lo que vigilarlas y monitorearlas será fundamental. Cabe señalar, siempre existe la posibilidad de aumentar el porcentaje de viabilidad si los distintos actores, reconociendo sus intereses particulares, impulsan el desarrollo del hidrógeno como una opción válida para la suficiencia energética de México.

El abordaje prospectivo y sus herramientas.

“La prospectiva como herramienta para concretar el futuro deseado”

Independientemente de los resultados obtenidos, como trabajo final de la especialidad en prospectiva estratégica, es conveniente hacer una reflexión sobre la disciplina como herramienta para el estudio de situaciones complejas y enfocar los estudios de futuros como base de estrategias de alto impacto.

Ante la incertidumbre que atraviesa el país por los diversos problemas y necesidades sociales, económicos, políticos, medioambientales, etc., es de suma importancia contar con herramientas indispensables para analizar situaciones o cambios a presentar en el corto, mediano y largo plazo, siendo México un país con cambios drásticos y vertiginosos adicional el entorno internacional con eventos considerables que sitúan una desventaja a la nación, se convierte vital desarrollar



escenarios para explorar diversos futuros y conducirse a construir el mejor futuro, es decir; el escenario idealizado enfatizando como el resultado de un análisis estratégico de carácter complejo y transdisciplinario implicando una narrativa donde la voluntad de los actores y las estrategias adecuadas son motores para su concreción.

La Prospectiva es una herramienta vital para entender el entorno, comprenderlo, no desde elementos convencionales como los promedios o estimaciones que nos muestran un comportamiento esperado bajo una forma de pensar convencional, quedando a merced de factores externos o eventos inesperados determinantes en el mediano y largo plazo, muchas fuera de nuestra visión por aspectos cotidianos u obvios que les lleva a emerger de manera repentina, con grandes consecuencias como se ha visto recientemente.

Ante esto, para tomadores de decisiones, dueños de empresas, gobernantes, directores o encargados de planear y establecer estrategias, es de suma importancia que analicen el entorno con carácter sistémico, anticipense ante eventos inesperados y actúen, desarrollen una inteligencia que les permita a partir del conocimiento especializado de cada ente, liderar y gestionar conocimiento colectivo, es aquí la trascendencia desde la prospectiva para realizar estudios exploratorios de lo que pudiese ocurrir sobre un tema o interrogante determinada, así como también fundamental se trabaje y estudie el futuro desde un campo normativo, es decir; visualizar un futuro idealizado y desarrollar estrategias adecuadas a partir de análisis estratégicos de lo deseado para concretarlo.

Y, es precisamente la razón de ser de este estudio, dejar en sus manos la narrativa de escenario idealizado del hidrógeno, su adopción en la suficiencia energética de México y su competitividad al año 2030, su posición estratégica y el papel de los actores, presentándose bajo un análisis estratégico que visualice la posición estratégica de México, así como las estrategias adecuadas con los actores involucrados para su realización. Pueden darse cambios que aceleren la adopción del hidrógeno, y más cuando subyacen el contar con una política energética clara



bajo los marcos regulatorios específicos, adicional los incentivos otorgados para proyectos estratégicos, de la mano de la iniciativa privada y órganos internacionales, esto aceleraría el cambio a energía del hidrógeno, para ello implicará además un sistema de vigilancia estratégica como apoyo para el estudio, en el usuario implicará una reflexión mediante un pensamiento crítico acerca de sus decisiones con visualización en los impactos en el futuro.



Bibliografía

Aguado M, Casteleiro R, Pérez E, Zayas G, Quintián P, Calvo R. (2021). Hidrógeno y su almacenamiento: el futuro de la energía eléctrica. A coruña. Universidade da coruña, servizo de publicacións. Isbn: 978-84-9749-798-5. Recuperado de <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497985>

Aguado, R. (2021, 2 febrero). *Hidrógeno y su almacenamiento: el futuro de la energía eléctrica*. Recuperado de <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/27268>

Center for strategic and international studies. (S. F.). Australia's hydrogen industrial strategy. Recuperado de: <https://www.csis.org/analysis/australias-hydrogen-industrial-strategy>

Baena Paz., G. (2004). *Prospectiva Estratégica: Guía Para su Comprensión y Práctica*. Proyecto PAPIME de Prospectiva Política. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México

Beinstein, J. (2016). *Guía para el diseño e implementación de estudios prospectivos*. PRONAPTEC. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Bennett A. (2021). *Hydrogen & Fuel Cells Seminar [Webinar]*. Rho Motion. Estados Unidos. Recuperado de <https://rhomotion.com/products>

R Baker, D. (2022, 8 abril). *Biden's Hydrogen Hub Plan Sparks \$8 Billion Race Among U.S. States*. bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-08/biden-s-hydrogen-hub-plan-sparks-8-billion-race-among-u-s-states?leadSource=uverify%20wall>

Bitar, S. (2013). *Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina*. Serie Gestión Pública, 78. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de http://www.ingenieriaaldia.udp.cl/pdf/Tendencias_mundiales.pdf

Zen and the Art of Clean Energy Solutions. (2019, Junio). British columbia hydrogen study. Recuperado de <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/government/ministries-organizations/zen-bcbn-hydrogen-study-final-v6.pdf>

Cervera, M. (2008) *Sistema de Inteligencia y Dirección: la prospectiva como herramienta directiva*. Convenio Andrés Bello. Colombia.

Cervera; M. (2008) *Foda un enfoque Prospectivo*. Proyecto PAPIME de Inteligencia Prospectiva, número 9, México, FCPYS UNAM.

Cervera; M. (2015) *La inteligencia prospectiva y sus métodos*. Cuadernos de pensamiento prospectivo número 10, México, DGAPA UNAM.



Cervera, M. (2014) Construyendo la Calidad en los ejercicios de prospectiva y vigilancia tecnológica. Capítulo: El Desarrollo Metodológico, soporte para la confiabilidad y calidad de la práctica prospectiva. Universidad del Valle. Colombia.

Comisión Nacional de Hidrocarburos. (2018). El sector del gas natural. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/427889/2018_Boletin_de_Prensa_033.pdf

Energy partnership Chile – Alemania. (2020). Estrategia de hidrógeno verde de Chile. Recuperado de <https://www.energypartnership.cl/es/newsroom/hidrogeno-chile/>

Agencia Energética del Gobierno Vasco (S. F.). Estrategia vasca del hidrógeno. Recuperado de <https://eve.eus/conoce-la-energia/la-energia-en-euskadi/estrategia-hidrogeno?lang=es-es>

Deloitte (2020). Fueling the future of mobility hydrogen and fuel cell solutions for transportation. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/content/dam/deloitte/cn/documents/finance/deloitte-cn-fueling-the-future-of-mobility-en-200101.pdf>

Fuentes, c. (2022, 29 noviembre). *Estudio: identificación de aspectos ambientales, sectoriales y territoriales para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en toda su cadena de valor. 4e Chile*. Recuperado de <https://4echile.cl/publicaciones/estudio-identificacion-de-aspectos-ambientales-sectoriales-y-territoriales-para-el-desarrollo-de-proyectos-de-hidrogeno-verde-en-toda-su-cadena-de-valor/>

Fundación naturgy. (2020). Hidrógeno vector energético de una economía descarbonizada. Recuperado de https://www.naturgy.com/files/libro_hidrogeno_fundaci%C3%B3n_naturgy.pdf.

Getting alberta back to work: natural gas vision and strategy - open government. (s. F.). Recuperado de <https://open.alberta.ca/publications/getting-alberta-back-to-work-natural-gas-vision-and-strategy>

Gmbh, (giz). (2022, 21 noviembre). Green hydrogen in Mexico: towards a decarbonization of the economy. Recuperado de https://www.energypartnership.mx/fileadmin/user_upload/mexico/media_elements/reports/hydrogen_ep_volume_vii.pdf

Gob.cl - (S. F.). *Artículo: gobierno presenta la estrategia nacional para que Chile sea líder mundial en hidrógeno verde*. Recuperado de <https://www.gob.cl/noticias/gobierno-presenta-la-estrategia-nacional-para-que-chile-sea-lider-mundial-en-hidrogeno-verde/>

Gobierno colombiano & Banco Interamericano de Desarrollo. (2021, 25 agosto). *Colombia promete hoja de ruta del hidrógeno verde y prevé inversiones por 2.500 millones de dólares*. Green Finance LAC. <https://greenfinancelac.org/es/recursos/novedades/colombia-promete-hoja-de-ruta-del-hidrogeno-verde-y-preve-inversiones-por-2-500-millones-de-dolares/>



Godet, M. y Durance, P. (2011). La Prospectiva Estratégica para las empresas y los territorios. Paris: UNESCO. Recuperado de <http://www.lapropective.fr/dyn/traductions/contents/1dunod-unesco-vspan-ext-15-06-2011.pdf>

H2 Perú (2022, 10 marzo). Hoja de ruta del Hidrógeno. Recuperado de <https://h2.pe/>

Hinicio. (2021). *Hidrógeno verde en México: el potencial de la transformación tomo vii: integración de resultados y recomendaciones generales*. Recuperado de https://www.energypartnership.mx/fileadmin/user_upload/mexico/media_elements/reports/hidro%cc%81geno_ae_tomo_vii.pdf

Hinicio. (2021). *Hidrógeno verde en México: el potencial de la transformación*. Recuperado de https://www.energypartnership.mx/fileadmin/user_upload/mexico/media_elements/reports/hidro%cc%81geno_ae_tomo_i.pdf

Hortal, m. A. & barreras, a. L. M. (2007). El hidrógeno: fundamento de un futuro equilibrado (segunda edición) [2007]. Díaz de santos.

United States Department of Energy Washington, DC (2020, Julio). Hydrogen strategy enabling a low-carbon economy. Recuperado de: https://usdoe.fe/hydrogen_strategy_july2020.pdf

Iberdrola. (2020). Estado de información no financiera. Informe de sostenibilidad ejercicio 2020. Recuperado de: https://www.iberdrola.com/documents/20125/40534/ib_informe_sostenibilidad.pdf/ce2e11b1-69c9-43fa-1478-fa8049c12a45?t=1627451927572

Implementa sur. (2020). "Estudio para definir esquemas de financiamiento para acelerar la adopción tecnológica e implementación de proyectos de generación, almacenamiento, transporte, consumo y exportación de hidrógeno verde en Chile". Recuperado de: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estudio_para_definir_esquemas_de_financiamiento_para_acelerar_la_adopcion_tecnologica_e_implementacion_de_proyectos_de_genera.pdf

Irena (2020), green hydrogen cost reduction: scaling up electrolysers to meet the 1.5°C climate goal, international renewable energy agency, abu dhabi.

Nagashima, M (2020, September). Japan's hydrogen society ambition 2020 status and perspectives. Recuperado de: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nagashima_japan_hydrogen_2020.pdf

Gov. Co. (2022) Hoja de ruta del hidrógeno verde. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/enlace-ruta-hidrogeno/>

Morín, E. (2002). El Método. El conocimiento del conocimiento. Colección Teorema Series, 3. Ciudad: Cátedra

Morín, E. (2004). Introducción al pensamiento complejo. Biblioteca de la Comunidad de Pensamiento Complejo: Salón Edgar Morín, Caps. 3-6. Recuperado de



http://www.pensamientocomplejo.com.ar/docs/files/MorinEdgar_Introduccion-all_pensamiento-complejo-Parte1.pdf

Morín, E. (2004). La Epistemología de la Complejidad. Gaceta de Antropología, 20. Texto 20- 02. París: CNRS

Nacional Autónoma de México, U., Herrera-Vázquez, M., Rojas, T., & Fleury, A. (n.d.). Tip Revista Especializada en Ciencias. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2016.02.003>

Rifkin, j. (2002). La economía del hidrógeno: la creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la tierra. Paidós.

Rodrigo V, Felipe S, (GIZ) gmbh. (2018, marzo). Hidrógeno tecnologías del y perspectivas para chile. Recuperado de <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2020/07/libro-tecnologias-h2-y-perspectivas-chile.pdf>

Study reveals mexico's great potential for driving green shipping fuel production. World economic forum. Recuperado de: <https://www.weforum.org/friends-of-ocean-action/study-reveals-mexico-s-great-potential-for-driving-green-shipping-fuel-production>

Tzimas, e. (2003). Hydrogen storage: state-of-the-art and future perspective|inis. Jrc publications repository. Recuperado de: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=rn:36058748

Viceministerio de minas y energía. (S. F.). Hacia la ruta del hidrogeno verde en paraguay. Recuperado de https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content

Wenger D. (2022). Hydrogen Online Conference [Webinar]. Mission Hydrogen. Alemania. <https://mission-hydrogen.de/>

Base de datos del Hidrógeno (2022). Repositorios internos de vigilancia estratégica del hidrógeno. Recuperado de Base de datos del hidrógeno.