



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión sistemática de celdas electrolíticas para la producción  
de hidrógeno como combustible**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTOR(ES):**

Adrianzen Bobadilla, Karolley Isamar (orcid.org:/0000-0002-0592-4486)

Salaverry Enriquez, Diana Carolina (orcid.org:/0000-0001-8252-7890)

**ASESOR:**

Dr. Quezada Alvarez Medardo Alberto (orcid.org/0000-0002-0215-5175)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

**TRUJILLO — PERÚ**

2022

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres Angela y Felipe, a mi hermana Ana Paula por su amor, comprensión y apoyo incondicional motivándome a ser mejor cada día, a mis abuelitos Jacinto, Fortunata, Carlos y Paula por cuidarme e iluminar mi camino desde donde se encuentran. A mis mejores amigos Cristian, Eddy, Fiorella, Adriana y a mi enamorado Augusto por brindarme sus consejos, apoyo y cariño incondicional en todo momento. A mi compañera Karolley por su amistad y apoyo que sin ella no lo hubiera logrado.

Diana Salaverry.

Dedicado a mis padres Alex y Celina, quienes me inculcaron valores desde pequeña para poder alcanzar mis metas, por su apoyo constante, en especial a mi mamita Tarcila que hoy es mi ángel de la guardia, quien me bendice y me da la fuerza para lograr mis metas. A mis hermanos y a mis amigas Joselin y Lorena por su leal amistad. A mi mamá Teresa por su cariño y consejos y apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera y finalmente a mi leal compañera Diana por su apoyo y amistad incondicional en el transcurso de la carrera.

Karolley Adrianzen.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente agradecer a Dios, por iluminar nuestro camino y poder estar logrando una meta más en nuestras vidas, a nuestras familias por darnos el amor, apoyo y comprensión a lo largo de nuestras vidas, en nuestra formación educativa por acompañarnos y guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis, por brindarnos su conocimiento, consejo y paciencia.

Diana Salaverry y Karolley Adrianzen.

## Índice de contenidos

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIENDO .....	iii
Índice de tablas .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO: .....	4
III. METODOLOGÍA .....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	9
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización .....	10
3.3. Escenario de estudio:.....	11
3.4. Participantes .....	11
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.6. Procedimientos .....	13
3.7. Rigor científico .....	15
3.8. Método de análisis de la información .....	16
3.9. Aspectos éticos .....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS .....	30
ANEXOS.....	40

## Índice de tablas

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
Tabla 2: Procedimiento .....	15
Tabla 3: De los criterios cualitativos de la investigación que se determinó para la producción de hidrógeno .....	17

## RESUMEN

La presente revisión sistemática tuvo como objetivo general realizar una revisión sistemática de fuentes bibliográficas sobre la producción de hidrógeno como combustible y determinar su sostenibilidad teniendo en cuenta los acontecimientos de la última década en el ámbito ambiental.

Respecto a la metodología de estudio, se ejecutó bajo un enfoque cualitativo, utilizando los métodos del análisis documental y sistemático a través de diversas fuentes bibliográficas, luego de haberse realizado el análisis y selección de artículos relacionados al tema de estudio, se consideraron un total de 49 artículos.

Los hallazgos de la presente revisión muestran evidencia del crecimiento en el interés sobre el uso del combustible de hidrógeno como fuente alternativa, así mismo, permitieron llevar a cabo la identificación y análisis de los factores fisicoquímicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno con pH entre 4 a 7, temperatura de 31°C; es importante mencionar que entre los beneficios del uso de hidrógeno como combustible se encontró q principalmente que, este es un combustible no contaminante y respetuoso con el medioambiente a diferencia de los combustibles convencionales, tiende a ser más eficaz, dado sus propiedades fisicoquímicas.

**Palabras claves:** Hidrógeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas.

## ABSTRACT

The present review of the system as a general objective carries out a review of the system of bibliographic sources on the production of hydrogen as a fuel and determines its sustainability considering the events of the last decade in the environmental field.

Regarding the study methodology, it was carried out under a qualitative approach, using the methods of documentary and systematic analysis through various bibliographic sources, after having carried out the analysis and selection of articles related to the subject of study, a total of 49 articles.

The findings of the present review show evidence of the growth in interest in the use of hydrogen fuel as an alternative source, likewise, they allowed to carry out the identification and analysis of the physicochemical factors and conditions that influence the hydrogen production process. with pH between 4 and 7, temperature of 31°C; It is important to mention that among the benefits of using hydrogen as a fuel, it was found that, mainly, this is a non-polluting and environmentally friendly fuel, unlike fuel conventions, it tends to be more efficient, given its physicochemical properties.

**Keywords:** Hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, electrolysis of water, electrolytic cells.

## I. INTRODUCCIÓN

En la última década, los problemas ambientales producidos por la quema de combustibles fósiles se han hecho más notorios, siendo un riesgo al medio ambiente y los ecosistemas acuáticos y terrestres. El ser humano consume lo que la naturaleza ha tardado un millón de años en producir. Las reservas de combustibles fósiles son limitadas, se consumen a un ritmo mucho mayor del que se producen, se calcula que en 100 años se agoten todas las reservas de este combustible fósil. (Ambientum, 2022, p. 15). El hidrógeno posee un alto rendimiento energético (122-142 KJ/g), 2.75 veces mayor que el de los hidrocarburos, y puede ser utilizado directamente para producir electricidad mediante celdas de combustible. (Rivera,2016, p. 10)

Actualmente la disponibilidad de combustibles fósiles es una de las mayores problemáticas que enfrenta la humanidad hoy en día, usamos una gran variedad de fuentes energéticas, la mayoría de las cuales proviene de combustibles fósiles, los cuales son un recurso natural no renovable y altera al ecosistema, situación que se está acelerando a pasos agigantados. (Funes,2019, p. 2)

El problema del uso de combustibles fósiles es que al quemarlos se producen gran cantidad de gases, siendo estas las principales fuentes de contaminación del aire ya que contribuyen a ella al aumento de gases del calentamiento global. El uso de combustibles fósiles es un problema importante de sostenibilidad y degradación ambiental (Delpierre et al, 2022, p. 2).

El desarrollo de las energías renovables es ahora una opción energética a largo plazo, lo que las convierte en uno de los combustibles del futuro para el transporte, la electricidad y los procesos industriales. La producción de hidrógeno como fuente de energía es una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente. El hidrógeno es el elemento más ligero de la naturaleza, así como el más abundantes en el planeta, sin embargo, escasamente se encuentra en estado libre a diferencia de otras sustancias (Linares y Moratilla, 2007, p. 35).



Es en base a ello que se ha evidenciado la necesidad de poder explorar nuevas alternativas de reemplazo al uso de combustibles fósiles y la quema de otros recursos no renovables, para poder hacer uso de los recursos no usados normalmente para la producción de combustible. De allí surge el mecanismo de producción de hidrógeno como combustible mediante el proceso de la electrólisis del agua, pudiendo aprovechar de ríos, mares, y de lluvia. (DINH et al, 2021, p.2).

En la actualidad los hidrocarburos son la principal fuente de energía, usándose en casi todas las actividades diarias humanas, provocando que en los últimos años aumente los gases de efecto invernadero, el calentamiento global, deforestación de bosques y pérdida de biodiversidad. (Dini,2003, p.3).

Es en base a lo mencionado anteriormente que resalta la problemática de las celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno, se basa en la escasa información, debido a que no se encuentra la información necesaria, y respecto a esto se demuestra algunas deficiencias en algunos tipos de celdas, también se habla que los tipos de celdas tienen muchas diferencias, en como aportan y para qué son necesarias. En este sentido, la intención de esta revisión es promover a futuro, el incremento en el uso de los combustibles a partir del hidrógeno, por lo que resulta fundamental analizar detalladamente la composición e implicancias de las celdas electrolíticas.

Como problema de investigación se planteó la pregunta ¿Cuál es el desarrollo que han tenido las celdas electrolíticas como alternativa de producción de hidrógeno mediante la electrólisis en los últimos años, tomando en cuenta los acontecimientos más relevantes de la última década en el tema ambiental y biocombustibles?

La justificación ambiental se basa en la necesidad de reducir los distintos componentes dañinos emitidos por el uso de combustibles fósiles ya que su efecto va directamente al medio ambiente y biodiversidad, necesitándose métodos compatibles con el medio ambiente para un manejo eficiente y eco amigable de los ecosistemas, consiguiendo un combustible en pro del medio ambiente.

La justificación social se basa en que la electrólisis del agua para obtener hidrógeno es una alternativa de solución y reemplazó al uso de combustibles fósiles, que permite utilizar agua de caño, río, mar, reutilizar aguas residuales domésticas, biomasa y residuos orgánicos.

La justificación práctica se basa en que se pueda consolidar como una herramienta ambiental, económica y sostenible. Por este motivo la información brindada en el presente proyecto de investigación constituye un punto de partida para emprender el reemplazo del uso de combustibles fósiles y el cuidado del medio ambiente.

Por lo tanto, la justificación teórica se basa en la necesidad de buscar métodos de obtención energías compatibles con el medio ambiente, ya que la quema de combustibles fósiles ya que su efecto va directamente al medio ambiente y biodiversidad, necesitándose métodos compatibles con el medio ambiente para un manejo eficiente y eco amigable de los ecosistemas, consiguiendo un combustible en pro del medio ambiente.

Como objetivo general de la investigación se plantea: Realizar una revisión sistemática de fuentes bibliográficas sobre la producción de hidrógeno como combustible y determinar su sostenibilidad teniendo en cuenta los acontecimientos de la última década en el ámbito ambiental, como objetivos específicos: Describir las celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible, Identificar y analizar cuáles son los factores físico químicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno combustible, Identificar los beneficios del uso de hidrógeno como combustible.

## II. MARCO TEÓRICO:

En la presente revisión se ha llevado a cabo un análisis de las principales, tesis, artículos de revistas indexadas e investigaciones relacionadas al tema de investigación, el uso de celdas electrolíticas y la producción de hidrógeno como combustible.

En primer lugar, tenemos a (Román y Arévalo, 2018, p.9) en su investigación “Análisis de la producción de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica”, en la cual se tiene como objetivos identificar y sustituir a largo plazo a los combustibles fósiles, derivados, así reduciendo sus contaminantes. Proponen un sistema energético cuya fuente primaria sea la energía solar, ya sea directa o indirecta para generar hidrógeno. Para su investigación se basaron en una revisión bibliográfica de artículos, tesis y otros estudios; en la cual obtuvieron que Ecuador dispone de muchas fuentes en las cuales se puede implementar este tipo de sistemas para la generación de energía solar. Adicionalmente en Europa que este tipo de energías cuentan con muchos nichos de oportunidad en las zonas rurales, en la industria y en el transporte urbano, pese a ello existen ciertas limitaciones debido a las pocas iniciativas de los gobiernos, la industria privada y la academia, (Román y Arévalo 2018, p.6).

En cuanto al uso de los combustibles fósiles en un informe elaborado por Wood Mackenzie, se estimó que el hidrógeno, podría competir con los combustibles fósiles en 2040; llamado hidrógeno verde, uno de los combustibles clave para poder reducir las emisiones de carbono, logrando que el requerimiento de los combustibles fósiles se reduzca en un 64% para el año 2040, siendo importantes las medidas tomadas por el gobierno y autoridades, para ser aplicadas para la potenciación y mejora de la inversión en desarrollo de tecnologías, investigaciones y proyectos las cuales agilizarán la participación del hidrógeno verde, (Jiménez, 2020, p. 70 y Kamil, et al 2021).

Asimismo, en el desarrollo de su estudio “Diseño de un generador de hidrógeno como combustible para un motor de combustión interna de ciclo Otto en la región Puno-2015”, indica la importancia del hidrógeno como una fuente energética limpia, además plantea diseñar un generador de hidrogeno para uso

en vehículos de motores de combustión de ciclo Otto. Aplicando un tipo de investigación explicativa retrospectiva y de tipo exploratoria. En su investigación indica que el hidrógeno debido a sus propiedades físicas y químicas, es un combustible ideal, debido a que es abundante y no contamina. Concluye que los sistemas energéticos actuales están perdiendo terreno debido al ingreso de energías renovables y limpias, debido a que estas no ocasionan daños a la salud, edificaciones ni ecosistemas, (Montagne 2016, p. 9).

Debido a la variedad de fuentes y tecnologías en las que se puede extraer el hidrógeno, el instituto de Recursos Sostenibles del Reino Unido ha demostrado que la relevancia de su producción y uso, a diferencia de otras metodologías y fuentes de energía actuales, radica en su producción a partir de energía actual, radica en su producción a partir de la energía neutra. Sin embargo, la implementación de estos sistemas agrega desafíos que invoca las iniciativas europeas como modelo aplicado para apoyar el desarrollo y consolidación de un mercado emergente que no solo asegure la competitividad, sino que logre su práctica (Abad y Dodds, 2020, p.12).

En su investigación "El hidrógeno como fuente alterna de energía", señala los diversos daños que generan los hidrocarburos y las dificultades que se tienen para su extracción y que no son combustibles que se pueden sostener a largo plazo. Propone el uso del hidrógeno, para suplir como fuente de energía; la cual se puede obtener a partir de fuentes renovables como la biomasa y generar energía limpia. Concluye que la obtención de hidrógeno es viable a partir de fuentes como los desechos orgánicos y lo menciona como posible opción para la obtención del hidrógeno, (Rivera 2016, p. 12).

En una nota reciente de la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología, donde se analizaba la relación entre el hidrógeno y la seguridad de una tecnología para su desarrollo y evolución, se enfatiza la importancia del elemento como combustible. Como un combustible limpio que actualmente no se reconoce debido al impacto de los combustibles fósiles. Por ello, se debe dar prioridad a la investigación profunda e interdisciplinaria, además, las políticas gubernamentales deben apoyar el desarrollo de tecnologías sostenibles y

renovables como el hidrógeno en este período emergente, sin embargo, indican que la catástrofe de los hidrocarburos debe ser la más importante. Oportunidad adecuada para el desarrollo de la tecnología del hidrógeno de manera sostenible, segura y responsable, ya que el mundo entero se encuentra sumido en una crisis de ansiedad sin precedentes relacionada con el sector energético, (Ustolin, Paltrinieri y Berto, 2020, p. 16).

Hoy en día se está viendo proyectos de hidrógeno verde implementados por la Universidad Técnica de Yildiz han demostrado que el hidrógeno mantiene ciertos estándares de sostenibilidad, aprovechando la amplia experiencia europea en electricidad renovable asociada con el desarrollo de hidrógeno verde; Su principal desafío es crear un sistema que acepte la intervención de los pequeños productores de hidrógeno, lo que resulta en una dependencia proporcional de los objetivos políticos y, por lo tanto, requiere un marco de políticas estable y claramente definido para Siendo así en reducir la inseguridad y los problemas de los fabricantes, ayudando así a la industria a desarrollarse. decisiones de inversión mejor informadas; Finalmente, se destacaron las oportunidades y ventajas de adoptar hidrógeno como una nueva oportunidad para el crecimiento económico y una mayor creación de empleo, mientras que el comercio internacional de hidrógeno podría impulsar el crecimiento económico de la economía global en el futuro, (Baykara, 2018, p.7).

Los proyectos de hidrógeno tienen grandes ventajas, además de los problemas de su uso como vector energético, para superar las desventajas, organizaciones y gobiernos están desarrollando procedimientos y sobre todo marcando metas para implementar este tipo de energía alternativa en sus suministros energéticos, (Jiménez, 2019, p.6), (Sánchez, 2019, p.2).

Las iniciativas restantes de hidrógeno verde se encuentran en Europa. Por lo tanto, en previsión de un mercado futuro para el hidrógeno verde, los organismos normativos y los organismos de normalización nacional e internacional han comenzado a debatir normas que podrían ayudar a comercializarlo. La responsabilidad ambiental, así como el desarrollo económico y la sostenibilidad energética plantean la tarea de encontrar

decisiones y políticas importantes en el escenario internacional, y varios gobiernos están trabajando para incorporar este elemento a la combinación, ya que es útil revisar el escenario internacional y nacional para determinar el trabajo en curso para incluir el hidrógeno en el suministro de energía, (García, 2020, p.2 -3).

Siendo así, el hidrógeno puede recombinar la energía acumulada a través de tres procesos principales como son la fusión nuclear, la combustión o la oxidación en pilas de combustible, y el uso industrial del hidrógeno puede deberse a su necesidad en combustibles fósiles. Materias primas Dependiendo del proceso o con fines energéticos, actualmente sólo dos métodos razonables a nivel industrial, pero continúa el estudio de los métodos de fusión nuclear, hacia la oferta y la demanda de hidrógeno, que se ha utilizado como estabilizador de reacción y catalizador en la industria farmacéutica. Sin embargo, se ha demostrado que la incorporación de hidrógeno en los sistemas de inyección de la red de tuberías de gas natural mejora los procesos de calefacción industrial sin necesidad de modificar los quemadores y otros equipos. En las primeras etapas de implementación, logrando así una reducción significativa de las emisiones de carbono, (Jiménez, 2020, p.6).

En una reciente observación el hidrógeno puede recombinar la energía acumulada a través de tres procesos principales como son la fusión nuclear, la combustión o la oxidación en pilas de combustible, y el uso industrial del hidrógeno puede deberse a su necesidad en combustibles fósiles, como materia prima para el proceso o con fines energéticos, actualmente sólo dos métodos son razonables a escala industrial, pero continúan Estudio de los métodos de fusión nuclear, hacia la oferta y la demanda de hidrógeno, que se han utilizado como estabilizadores de reacción y catalizadores en la industria farmacéutica. Sin embargo, se ha demostrado que la incorporación de hidrógeno en los sistemas de inyección de la red de tuberías de gas natural mejora los procesos de calefacción industrial sin necesidad de modificar los quemadores y otros equipos. En las primeras etapas de implementación, logrando así una reducción significativa de las emisiones de carbono, (Jiménez, 2020, p. 27-29).

Según una investigación publicada por Gas for Climate's Creating Jobs by Scaling Renewable Gas in Europe, añade que el hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable acabará generando novecientos sesenta y siete puestos de trabajo, de los cuales el 35% serán puestos de trabajo. Directamente en la cadena de producción, impulsando posibles oportunidades de exportación internacional y contribuyendo a una disminución significativa del gas natural durante las próximas tres décadas, en un documento titulado: The Role of Optimal Gases in a Zero Emissions Energy System, (Gimenez, 2021, p.2).

Se espera que la mayor complejidad del hidrógeno sea su almacenamiento, lo que genera problemas en su transporte, por lo que se necesita más investigación y aprendizaje; Otras capacidades relacionadas con el desarrollo de infraestructura, incluyendo la coordinación y planificación entre las clases políticas de los países, inversionistas e industria, y la tercera incertidumbre respecto a su recepción y adaptación; Por otro lado, las emisiones de dióxido de carbono de los métodos de producción tradicionales determinan el esfuerzo bidireccional, la extracción de recursos fósiles por un lado y la reducción de emisiones provocadas por estos métodos por otro. (Murugan, et al 2021, 2) y (Torbjorn, et al, 2021, p 2) (Fúnez et Reyes, 2019, p 19), (Giménez, 2019, p. 13), (Sánchez. 2019, page 8) and (Morales, et al, 2018, p. 5).

Las celdas electrolíticas están compuestas por un embace de vidrio o plástico que cumplan con ciertas características para completar el proceso de electrólisis y no interferir durante este, el electrolito debe permitir el paso de la corriente eléctrica continua. También se tiene dos electrodos que están compuestos por el ánodo (conductor de energía negativa, mediante el cual se da el proceso de oxidación) y cátodo (conductor de energía positiva mediante el cual se da el proceso de reducción), (Jiménez et al, 2021, p.2)

La ruptura de los enlaces químicos de las moléculas del agua es un proceso fisicoquímico ecológico para la producción de hidrógeno (Huachuan, et al. 2021, p.2). Para la obtención de energías limpias como el combustible de hidrogeno se hace usos de técnicas como la electrólisis, la cual se da mediante un proceso

electroquímico, en el que se da la separación de moléculas que contenga el compuesto con el uso de energía continua a través de un electrolito (Córdova, Díaz y Mejía, 2018, p. 20). Es un proceso fisicoquímico que consiste en la ruptura del enlace molecular del agua en sus componentes de Hidrógeno y Oxígeno, esto sucede debido al uso de energía eléctrica de manera continua (Sapountzi, et al. p.2).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue básica, desarrollándose a partir de los conocimientos adquiridos por estudio o antecedentes los cuales fueron aplicados, bajo un enfoque cualitativo; con una sólida estructura teórica del estudio, utilizando un modelo sistemático mediante el cual se realizó la investigación en un tema en particular, de su origen y su integración, con conceptos proporcionados por los autores consultados, sistematizado, permitiendo el surgimiento de la clasificación en la que el estudio es más relevante; de acuerdo con los criterios de inclusión y consideraciones presentados. Este tipo de investigación debe de mantener los aspectos a evaluar, comparar e interpretar (Gutiérrez, 2016, p.1).

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

Se utilizaron técnicas para recopilar datos como: el análisis y revisión de documentos. (Coria, E; Velázquez, J; Juárez, A; 2019 p.11)

El presente proyecto de investigación es una revisión sistemática con un enfoque cualitativo, la cual consta la investigación de un tema específico, con la finalidad de generar nuevos conocimientos y actualizar los estudios que ya se encuentren establecidos (Gutiérrez, 2016, p.1).



En el presente proyecto de tesis se utilizaron indicadores bibliométricos para el análisis de artículos científicos, tesis y revistas.

### **3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización**

La matriz de taxonomía se distingue por el hecho de que se desarrolla antes de la recolección de datos, a partir de los problemas, objetivo general y también objetivos específicos del proyecto de investigación, siendo las categorías: Como objetivo general de la investigación se planteó: Realizar una revisión sistemática de fuentes bibliográficas sobre la producción de hidrógeno como combustible y determinar su sostenibilidad teniendo en cuenta los acontecimientos de la última década en el ámbito ambiental, como objetivos específicos Describir las celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible cuya categoría fue la descripción de celdas electrolíticas y como subcategoría rol sistemático, responsabilidad y armonía; Identificar y analizar cuáles son los factores físico químicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno combustible cuya categoría fue la identificación de factores fisicoquímicos y como subcategoría conceptos teóricos y teoría; Identificar los beneficios del uso de hidrógeno como combustible cuya categoría fue beneficios con subcategoría de beneficios y ventajas.

### **3.3. Escenario de estudio:**

El escenario de estudio consistió en detallar información sobre aspectos de historia, geografía y tiempo, lo que ayuda a tener una noción sobre las imágenes del entorno natural y social del lugar donde se realizará el estudio. (Hernández y Duana, 2020, p.11).

La presente tesis al ser de carácter de revisión sistemática no tuvo un escenario de trabajo geográficamente definido, el escenario de estudio se delimitó la base de datos de revistas indexadas y repositorios verificados de los cuales se recopiló la información necesaria, mediante artículos científicos, tesis, documentos y libros en línea.

### **3.4. Participantes**

En la concepción y materialización del presente estudio, los participantes fueron cada uno de los documentos seleccionados para la base de datos de la revisión, finalmente seleccionándose 49 de un total de 153; obtenidos en los siguientes repositorios, Science Direct, Dialnet, Web of Science, Research Gate, Redalyc, Scielo y repositorios universitarios.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos son elementos que aseguran conocimientos empíricos de la investigación (Hernández y Duana, 2020, p.10). Para el presente proyecto de tesis se empleó la técnica de observación participante.

La técnica aplicada fue el análisis documentario de artículos científicos, tesis y revistas, extraídos de repositorios universitarios y fuentes indexadas considerando los criterios de inclusión y exclusión impuestos, lo que permitió generar una nueva investigación donde se plasmó toda información relevante.

**Tabla N°1:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

DOCUMENTOS REVISADOS	BASE DE DATOS	PALABRAS CLAVE	DOCUMENTOS SELECCIONADOS
	Science Direct	Hidrógeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas, hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, water electrolysis electrolytic cells, hydrogen engine, water engine.	24
	Dialnet Web of Science Research Gate	Hidrógeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas, hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, water electrolysis electrolytic cells, hydrogen engine, water engine	2
	Redalyc	Hidrógeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas, hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, water electrolysis electrolytic cells, hydrogen engine, water engine	0

	Scielo	Hidrógeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas, hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, water electrolysis electrolytic cells, hydrogen engine, water engine	2
	Scopus	Hidrogeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas, hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, water electrolysis electrolytic cells, hydrogen engine, water engine	1

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Procedimientos

Es el método y forma de recolección de la información, teniendo en cuenta la clasificación (categorías y subcategorías), en donde se aplican las intervenciones, para la realización de la investigación.

La primera etapa de la investigación incluyo la recopilación de toda información bibliográfica ya sea nacional o internacional como artículos científicos, tesis, libros, relevante para nuestra investigación. Las fuentes de información se obtuvieron de plataformas digitales como Science Direct, Dialnet Web of Science, Research Gate, Redalyc, Scielo y Google Scholar, repositorio UCV.

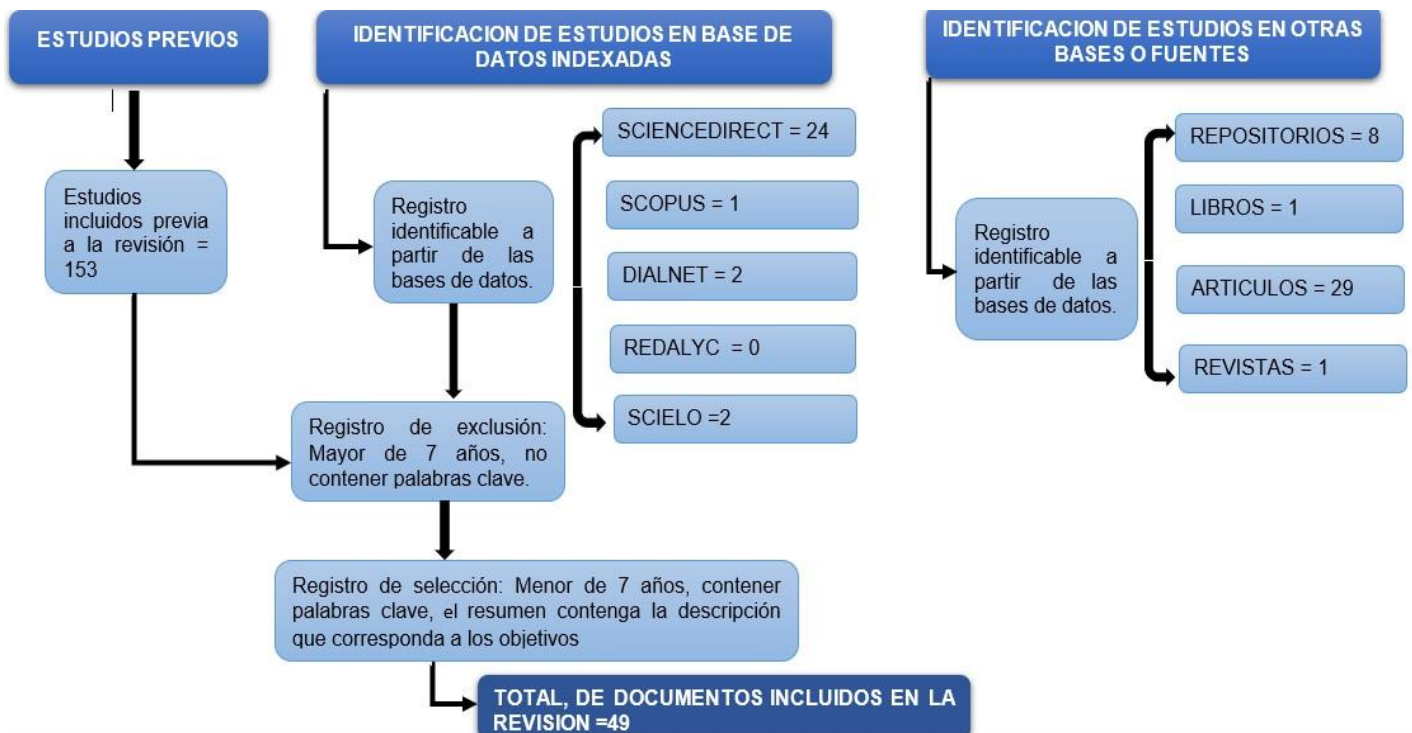
Segundo, en cuando se seleccionaron las bases de datos se procedió a realizar la búsqueda de información para lo cual estos artículos, revistas y tesis se analizaron de forma minuciosa, con una antigüedad no mayor a 7 años, los criterios de exclusión fueron que no contengan información relevante o que concuerde con el tema, no ser de repositorios indexados, verificados o de fuentes confiables.

Tercero, una vez que se logró seleccionar la información que cumpliera con los criterios de selección para poder generar la base de datos para los análisis correspondientes con los objetivos planteados, se elaboró un análisis descriptivo mediante un estudio comparativo, Se desarrollaron figuras y tablas para poder sustentar y validar la información hallada desde un punto de vista descriptivo.

Se realizó la revisión sistemática de fuentes bibliográficas, sobre la producción de hidrógeno como combustible y su sostenibilidad teniendo en cuenta los acontecimientos de la última década en el ámbito ambiental, por medio de una búsqueda empleando las palabras clave “Celdas electrolíticas”, “Producción de hidrogeno” y “*Electrolisis*” en las diversas bases de datos, dentro de las cuales, se encontraron 440 artículos sobre este tema entre el 2015 y el 2022, de los cuales, la mayoría tenían como fecha de publicación en los años 2020 y 2021, esto representa el creciente interés en el tema.

De estos, fueron seleccionados 21 artículos, de los cuales el 28% fueron de Science Direct, 24% de Dialnet, 20% de Web of Science, 16% de Research Gate, 4% de Redalyc, y 8% de Scielo. De estos, el 60% tuvieron como idioma original el español, mientras que el restante 40% fueron publicados en inglés. Además, 30% fueron estudios descriptivos, mientras que un 40% fueron revisiones, y el restante porcentaje mantuvo un diseño experimental. De este modo, la información fue encontrada según lo descrito a continuación.

**Tabla N°2: Procedimiento.**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.7. Rigor científico

En cuanto al rigor científico y sus criterios, el presente proyecto de investigación usó información de repositorios indexados.

Los artículos que fueron usados se fundamentaron en describir teorías de autores de revistas, artículos de revistas indexadas, los cuales dieron credibilidad y fundamentos de que estas investigaciones son confiables, tienen dependencia, autenticidad, credibilidad, firmeza, imparcialidad (HERNÁNDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA, P. 14).

Según Hernández y Mendoza (2018, p.12), han desarrollado una serie de criterios para sustentar el enfoque cualitativo.

Primer criterio de Dependencia, criterio que permitió que la investigación cualitativa sea confiable y creíble (Hernández y Mendoza, 2018, p 6), la presente investigación tomo en cuenta como

métodos fiables la recolección de información de distintitos repositorios universitarios y revistas indexadas.

Segundo criterio de Credibilidad, se logró en base a la observación y diálogo de los participantes en el proyecto de investigación, refiriéndose a la veracidad de los resultados que se obtuvieron (Castillo y Vásquez, 2003, p.14). En el presente proyecto de investigación los resultados fueron obtenidos mediante los datos recopilados por los participantes.

La calidad de la presente investigación dependió de cuán rigurosamente se llevó a cabo, cuando se pierde la credibilidad de la investigación cualitativa.

### **3.8. Método de análisis de la información**

El método de análisis de datos en un proyecto de investigación de enfoque cualitativo consiste en el análisis y la recolección de información (Hernández y Duana, 23 2020, p.12).

Según el proceso de investigación cualitativa, el método de análisis sistemático. Se llevó a cabo tomando en cuenta las categorías, subcategorías y criterios definidos del proyecto de investigación.

Los resultados en el método analítico de este proyecto de tesis se utilizaron fichas de análisis de contenido, con el fin de sintetizar la información más relevante de los estudios encontrados, sin embargo, clasificar con precisión la información existente; Se agrego una base de datos ubicada en una hoja de cálculo, que permitió filtrar los datos recopilados, según la naturaleza del contenido del documento o los intereses del autor, teniendo en cuenta el tema central de cada documento.

### **3.9. Aspectos éticos**

Este trabajo de investigación fue elaborado con citas de fuentes confiables como revistas indexadas, citas de autor y referencias bibliográficas respetadas, con referencias direccionales Universidad César Vallejo ISO 690, los resultados se comprueban según los criterios de rigor científico. Estándar. Se desarrollo de acuerdo a las categorías y subcategorías de investigación de acuerdo a los objetivos del objeto de investigación, en relación a los trabajos que antecedieron a esta tesis para realizar el análisis correspondiente.

La presente tesis fue elaborada respetando la propiedad intelectual de autores e investigadores; en cuyo desarrollo, ha primado la ética personal del autor.

Los aspectos éticos de este proyecto de investigación fueron respetar los derechos de autor de las fuentes de información, y citar y/o hacer referencia a artículos, tesis, libros y otras fuentes que fueron utilizadas como insumos e ideas. Pensado para el desarrollo del proyecto de investigación, se empleó la "GUÍA DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE PROGRAMA" de la Universidad César Vallejo.

La investigación exploratoria confirmó plenamente que las notificaciones anteriores son genuinas, así como un trabajo tributario para el investigador, y los análisis fueron considerados como referencias para futuras investigaciones sobre la base de información de artículos, revistas, libros, sitios web, tesis y repositorios.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al primer objetivo específico de la investigación, que buscó describir las celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible, se encontró principalmente que, la mayoría de stacks estudiados estuvieron compuestos por 12 celdas bipolares de mínimo 1000 cm<sup>2</sup> de área de superficie conectadas eléctricamente en serie. Del mismo modo, cada celda mantuvo separados y ensamblados los electrodos (ánodo y cátodo) por medio de un diafragma poroso (Jiménez et al, 2021). De este modo, los aportes generales de este estudio, respecto a este objetivo, comprenden una similitud de las celdas electrolíticas en cuanto a estructura y composición, en diversos trabajos; del mismo modo que una comparativa en la que se logra apreciar que su efectividad en los procesos de producción de hidrógeno, son beneficiosos según su composición.

Ghazvini et al (2021) y Fúnez y Reyes (2019) mencionan que las celdas electrolíticas ofrecen hasta una capacidad de producción de 760 Nm<sup>3</sup>/h de H<sub>2</sub>, con condiciones de operación de entre los 65 y 100°, una presión de entre 25 y 50 bares, produciendo hidrógeno con una pureza de entre 99.5 y 99.7%. Del mismo modo, las densidades oscilan entre los .2 y .3 A/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 03:** Comparativa entre tipos de celdas.

N°	Tipo de celda	Autores	Componentes	Voltaje	Cantidad de H2
1	Alcalina	Clemente et al (2018), Bustamante (2018), Durovic et al (2021), Huachan (2021), Gajda y Leropoulos, (2020)	Níquel, aluminio y materiales variados (grafito, cobre, teflón, entre otros).	1.8 a 2.4 V (5KWhx Nm <sup>3</sup> de H <sup>2</sup> )	23 cm <sup>3</sup>

2	PEM	Weimann et al (2021), Leon (2019), Sánchez (2019), Gajda, y Leropoulos (2020), Gallardo, et al (2021), Guo y Sepanta (2021)	Rodio, rutenio, platino, iridio y sus óxidos.	1.8 a 2.2. V.	20 cm <sup>3</sup>
3	AEM	Ghazvini et al (2021), Fúnez y Reyes (2019), Navarro et al (2020), Morales (2017), Lopez (2019)	Acta 3030 para el ánodo CuCox y 4030 para el catodo (Ni/CeO <sub>2</sub> -La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /)C	1.9 (400 Ma/cm <sup>3</sup> ).	31 cm <sup>3</sup>
4	Óxidos sólidos	Jiménez et al (2021), Baltazar (2020), Barbosa (2019), Rivera (2016)	Placas bipolares de manganita con zirconia. Además de cermet de níquel y circonio.	1.48 V (3.6 A/cm <sup>3</sup> ).	28 cm <sup>3</sup>

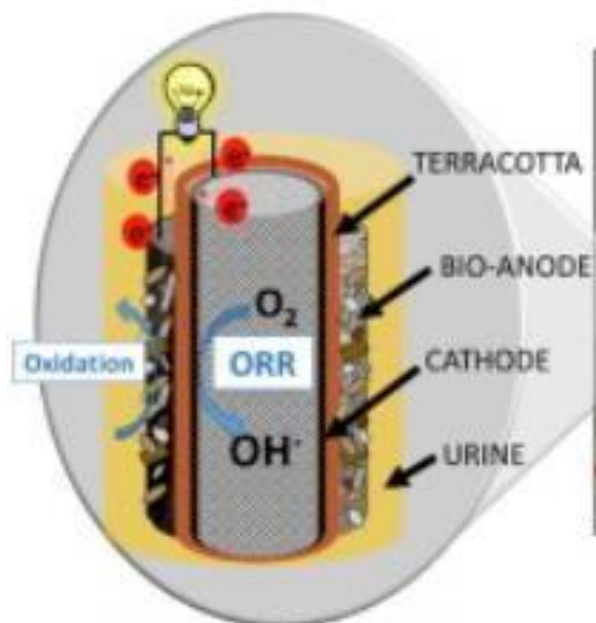
Fuente: Elaboración propia.

De este modo, en la tabla 04, se observa que existen 4 tipos principales de celdas electrolíticas en los artículos, denominadas alcalinas, PEM, AEM y óxidos sólidos. Además, El rendimiento de consumo, según voltaje radica en el rango de 1.4 a 2.4 V; dándose que las celdas AEM tienen mayor rendimiento de producción de hidrógeno, seguidas de las celdas de óxidos sólidos.

Igualmente, la mayoría de estudios describieron una celda compuesta por un recipiente cuadrangular de vidrio montado sobre una base de aluminio, utilizando un sistema de sujeción de pinzas plásticas montadas sobre una

corredora de acrílico. Así, las medidas más comunes de la cuba contenedora del electrolito fueron aproximadamente los 350.00 mm de largo x 200.00 mm de ancho x 330.00 mm de alto, fabricadas en vidrios de entre 1 y 5 mm de espesor. Respecto a estos vidrios, la mayoría tuvieron una capacidad de 250 ml para el hidrógeno y 125 ml para el oxígeno, dándose una separación común de graduación de 5 ml y 1 ml respectivamente (Clemente et al, 2018). El sistema de sujeción, los contenedores y los separadores comprenden la parte más importante del sistema, y determinan la calidad con la que se logrará obtener el resultado final; así, algunos materiales tuvieron mejor utilidad que otros, según estos aspectos. Por lo que, mientras mayores fueron las proporciones, mejores resultados se obtuvieron.

**Figura 1:** Ejemplo de celda electrolítica.



Nota. Fuente: Gajda y Leropoulos, (2020)

Algunos estudios reportaron algunas particularidades, que consiguieron una tensión óptima de 15A en circuitos electrónicos de una placa arduino mega, utilizando un tablero de 8 relays, un dispositivo bluetooth, una fuente de poder de 10A a 20A, diversos circuitos electrónicos de poder, cables UTP de 10 cm y de poder MT, un transformador de 12V, y algunas láminas de acero

inoxidable con pernos y tuercas. En este caso, a diferencia de los resultados de este trabajo, el autor utilizó un dispositivo bluetooth, así como materiales más industriales, lo que no sucedió en estudios comunes, en los que se utilizaron materiales comunes. Este trabajo es relevante para niveles de tensión intermedia (García et al, 2017).

Seguidamente, se describen celdas generadoras de hidrógeno a un volumen constante de 12V, utilizando hidróxido de sodio y un método de seguridad con un burbujeador; además de una electrólisis por medio de una celda compuesta por un conjunto de placas de 41.4mm de longitud y 1mm de espesor (7 con polaridad positiva, una negativa y 5 neutras), fabricadas de acero inoxidable Ghazvini et al (2021); Fúnez, 2019). Los separadores compuestos de anillos de neopreno de 1cm de espesor, soportadas en tuercas de sujeción, y conectadas a una batería de 12V. Este trabajo, en relación con los resultados encontrados, mantiene la composición de las placas, y describe un voltaje estable de nivel bajo; sin embargo, al igual, las transiciones se hicieron con materiales de acero inoxidable, ya que permite una más consistente base de datos para su uso (García et al, 2017).

Los tipos de celdas electrolíticas AEM Y PEM, son diseños más adecuados para la producción de hidrógenos como combustible, debido a que el voltaje necesario para generar hidrógeno es menor a comparación de otros tipos, estos son menos complejos y seguros porque evita el cruce de cargas entre el ánodo y el cátodo, estando diseñados a la salida de los gases para evitar el cruce del hidrogeno y el oxígeno, si estos se volvieran a unir luego del proceso de electrolisis que consiste en romper las moléculas de Hidrogeno y oxigeno que podría provocar una explosión, El PEM siempre utiliza una membrana que intercambia protones y también un electrolito, oxígeno y protones de hidrogeno que siguen cruzando por la membrana para formar gas de hidrogeno, al igual que el AEM trata de obtener lo mejor de los PEM, por intermedio de una membrana de intercambio anicónico, que busca reducir la disposición del sustrato.

Respecto al segundo objetivo específico de la investigación, que buscó identificar y analizar cuáles son los factores físico químicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno combustible en celdas, se encontró principalmente que, en la producción de hidrógeno mediante la electrólisis, se resaltó como factor importante, el control y seguimiento de los parámetros pH (mínima de 4 y máxima de 7) y la temperatura, consiguiendo estabilizar la producción de hidrógeno, con medidas de media 31°C. Por su parte, el estudio de Martínez, et al. (2021) y utilizan una temperatura óptima menor a 30°C, mientras que Huang y Liu (2021) maneja una media entre 27.1 y 46.9°C. Igualmente, Argun y Dao (2017) reporta una efectividad de las celdas, expuestas a una T de 37°C, y un volumen de H<sub>2</sub> de 25cm<sup>3</sup>.

Estos resultados son relevantes, inicialmente, dada la facilidad con la que puede ser controlado el parámetro de temperatura, a diferencia del pH, que requiere de condiciones específicas, y que, al ser un procedimiento de electrólisis, requiere de exactitud. Al igual que en este trabajo, los autores han demostrado que un nivel de pH de rango controlado, permite una mayor producción de hidrógeno, mientras que la temperatura está involucrada en el control del sistema. Así, estos aspectos deben ser tomados en cuenta para el manejo a gran escala (o producción al por mayor) de estas celdas Huang y Liu (2021).

El pH con un promedio de 5.6 y una máxima de 9.5 fue descrito como el factor más influyente en el trabajo de Wang, et. al (2021), mientras que Argun y Dao (2017) reportan un pH mínimo de 5.0. Huang y Liu (2021) menciona que los rangos óptimos de pH varían entre 5.09 y 7.91, algo parecido a lo estudiado por Wang, et al (2021), quien reportó un mínimo de pH de 5 y máximo de 9.8. Martínez, et al. (2021) también enumera como uno de los parámetros más óptimos al pH, con valores de entre 5.09 y 7.91, describiendo niveles promedio de 7.0. De este modo, la relevancia de estos estudios para la investigación, radica en un beneficioso nivel de pH que oscile en un rango promedio de 5 a 8; sin embargo, existieron casos de pH muy alto para el promedio, lo que significaría que se puede ampliar la utilidad de las celdas.

Sin embargo, hubo estudios con una diversidad de factores, es el caso del artículo de Clemente et al (2018) que reporta una **presión** máxima de 10 bares, una **concentración** de **electrolitos** de entre 28 y 42% p/p KOH, junto con una temperatura de entre 50 y 80°C. García et al (2017) hace una comparación utilizando como factor el **tipo** de **mecanismo** de la celda, por ejemplo, utilizando una membrana de intercambio de protones. Por su parte, Ghazvini et al (2021) utiliza como factor determinante, la **mezcla** de dos elementos, buscando estudiar la **potencia**. La relevancia de estos trabajos, involucra una búsqueda más minuciosa de protocolos estandarizados, para la futura producción de combustibles a partir de hidrógeno. Por ejemplo, en algunos casos se considera más importante la potencia que la presión bajo la cual se someten los materiales; lo que significaría una diferenciación en la calidad de los combustibles. Además, una más amplia comparación en el mecanismo y la mezcla de elementos, incide en las cantidades.

Jiménez et al (2021) consideró como otro factor determinante el tipo de voltaje, sea frecuenciado o no frecuenciado. Similarmente, Rodríguez (2020) se enfoca en el voltaje, la intensidad, la distancia interpolar y el rendimiento de la celda. Fúnez y Reyes (2019) agregan los parámetros de horas de funcionamiento y precio. Gajda, y Leropoulos (2020) incorporan como los factores limitantes para un adecuado proceso de producción de hidrógeno combustible, en los que incluyeron la potencia de salida, el transporte, los parámetros de almacenamiento, el puente de energía, las dificultades de proceso, y la longevidad del sistema. Estos terceros factores, tienen una mayor implicancia en términos de costos, impacto ambiental y requerimientos básicos de funcionamiento, dándose que las horas de funcionamiento, tipo de voltaje, el transporte, y el tiempo de uso de los sistemas, impactarán a largo plazo en un nivel socioeconómico en la población y las investigaciones.

Respecto al tercer objetivo específico de la investigación, que buscó identificar los beneficios del uso de hidrógeno como combustible, se encontró principalmente que, este es respetuoso con el medioambiente a diferencia de los combustibles convencionales, y que tiende a ser más eficaz. El estudio de Sazali, (2021) resalta que el hidrógeno es un elemento que significa para

la humanidad, disponer de reservas suficientes para garantizar la reducción de gases contaminantes por la combustión. Estos beneficios son principalmente relevantes en un proceso de adaptación, a modelos económicos basados en la sostenibilidad, lo que a su vez representa una promoción de la cultura de avance hacia el cuidado ambiental (Fúnez y Reyes, 2019).

Gallardo, et al (2021) detalla que el hidrógeno, dado a sus propiedades físicas y químicas, es un combustible proporcional, ya que es abundante y no contaminante, por lo que logra comportarse adecuadamente como un producto de combustión de oxígeno que solamente produce agua y calor. En similitud, los estudios de Guo y Sepanta (2021) y Sgobbi, et al, (2022) resaltan que el hidrógeno es el elemento más ligero de la naturaleza, así como también el más abundante del universo, suponiendo más del 75% en materia normal por masa. En paralelo con las necesidades de la realidad problemática estudiada en el presente trabajo, estas propiedades beneficiosas del hidrógeno, permiten que sea un elemento de fácil estudio, y así como una fuente abundante y renovable. A comparación de los combustibles convencionales, el hidrógeno se puede convertir en una fuente de trabajo y a la vez una mejora en los procesos energéticos alternativos.

Tamallo, et al (2016) y Ujwal et al (2020) determinan que los procedimientos mecánicos de motores a base de hidrógeno, se vuelven menos costosos con el pasar de los años, reduciendo continuamente la brecha de consumo. Esto, con un costo reducido de al menos el 40 % del total, a diferencia de los gastos para el mantenimiento de motores de combustible tradicional. Además, esta alternativa también genera aumentos en la problemática de motores con altos niveles de emisiones, apuntando a una mayor vida útil, en una escala de beneficios globales. Esto apunta a mejoras adicionales en las economías internacionales, partiendo de Asia y Europa, aunque apuntando a un período de funcionamiento más prolongado para Latinoamérica, al maximizar los ahorros de costos comparativos para el productor. Específicamente, este tipo de combustible reduce las emisiones del ciclo de vida de autos usados, lo que se duplica anualmente en vehículos nuevos.

Al discutir estos resultados, se percibe una similitud con los resultados de Jiménez (2020) y Kamil, et al (2021) quienes resaltan que el hidrógeno es actualmente apto para competir con los combustibles fósiles, al ser uno de los combustibles clave para poder reducir las emisiones de carbono, lo que permite que el requerimiento de estos combustibles reduzca en un 64%. Algunos de los factores involucrados en su procesamiento, según el autor, radican en las medidas tomadas por los gobiernos y productores, que delimitan o amplían la potenciación y prosperidad de la inversión en la revisión de tecnologías innovadoras y proyectos que agilicen la inclusión de los tipos más comunes de celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno verde, lo que resulta relevante para los objetivos estudiados. Así, aún no se aplica al mercado, debido a que requieren de una adaptación de la producción de motores y sistemas a base de combustibles renovables.

En similitud con el trabajo de Montagne (2016), los resultados obtenidos indican que el hidrógeno, en términos de abundancia y sostenibilidad, permitiendo que muchas de las actividades de producción en los sistemas energéticos actuales ofrezcan un mayor terreno para el ingreso, promoción y negociación de estas energías renovables y limpias. Además, en relación a las celdas utilizadas para su producción, el trabajo parte de un principio de beneficencia y respeto ético a la vida humana en los avances tecnológicos, por lo que se utilizan materiales compatibles con la salud y los ecosistemas,

Del mismo modo, al hacer un análisis de las aportaciones de Abad y Dodds, (2020), la investigación logra analizar que la implementación de estos sistemas aumenta los desafíos para el estilo de vida actual, y los sistemas económicos comunes, abriéndose una necesidad que invoca a quienes proponen estas nuevas modalidades, a establecer modelos de aplicabilidad que fomenten el apoyo al desarrollo y consolidación de un mercado a base de combustible de hidrógeno, lo que no solo asegura su competitividad, sino que logre una práctica y cuidado de parámetros sostenibles.

Si bien Ustolin, Paltrinieri y Berto (2020) indican que las propiedades de las celdas, comprenden el tema con mayor relevancia en cuanto a opacidad, los



resultados de esta investigación comprueban que los parámetros del proceso de obtención del combustible inciden más en los resultados que la composición inicial de los 4 tipos de celdas. Esto es una oportunidad adecuada para el desarrollo de la tecnología del hidrógeno de manera sostenible, segura y responsable, partiendo del principio de que el planeta ha fabricado una crisis de consumo de materiales no renovables para la producción de combustibles, lo que encuentra sumido al modelo económico, en una crisis de proyección sin precedentes, relacionada a darle el mejor sentido y valor al sector energético.

Los resultados de este trabajo, guardan una relación con el estudio de Baykara (2018), quien menciona que el modelo más común de celdas electrolíticas, ayudan a la industria del combustible de hidrógeno a desarrollarse, en medio de una serie de decisiones de inversión mejor informadas, así como la calidad de consideración social en la que se destaquen las oportunidades y ventajas de adoptar hidrógeno verde como una creciente tendencia para el desarrollo mercantil en los países industriales, y un mayor índice de creación de empleo en los países encargados de la tercerización de estos servicios. En esa misma línea, el comercio internacional de hidrógeno está logrando impulsar el crecimiento económico global en tendencias del 2025, 2036 y 2054.

El caso de Sánchez (2019), al igual que los proyectos estudiados, coinciden en que, al realizar un estudio comparativo entre los dos métodos con mayores propuestas a nivel industrial, en donde la fusión nuclear sigue siendo considerada la primera opción, encuentra un grado de dependencia de las energías alternativas, hacia la oferta y la demanda de hidrógeno, la cual se ha redirigido más comúnmente como un estabilizador de reacción y catalizador en la industria farmacéutica. En estudios anexos a los beneficios de este material, se ha demostrado que su incorporación en los sistemas de inyección de la red de tuberías de gas natural, mejora los procesos de calefacción industrial sin necesidad de modificar los quemadores y otros equipos, en sus primeras etapas de implementación, logrando así una reducción significativa de costos y emisiones de carbono.

Para esto, Murugan, et al (2021) y Torbjorn, et al (2021) describen algo similar a los resultados de este trabajo, permitiéndose afirmar que el hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable puede generar hasta novecientos sesenta y siete puestos de trabajo, de los cuales el 35% serán puestos de trabajo incorporados en la cadena de producción, impulsando posibles oportunidades de exportación internacional y contribuyendo a una disminución significativa del gas natural durante las próximas tres décadas.

Al realizar la búsqueda de ventajas del uso de hidrogeno como combustible también se encontraron desventaja a este, entre las desventajas estaba la nula información que se encontraba, durante los últimos 3 años se tomó importancia investigar dicho campo de estudio teniendo un crecimiento muy notorio a diferencia de años anteriores, debido al creciente interés de este tema, respecto al tema que es celdas electrolíticas para la producción de hidrogeno y combustible, tiene ciertas limitaciones para el uso dado que no se puede almacenar debido a que es altamente explosivo y solo puede ser utilizada mediante un sistema de producción continua no almacenable.

Las implicancias de este trabajo se basan en que se consiguió realizar una recolección y análisis de información importante, para la promoción y defensa de los combustibles alternativos, obtenidos a base de técnicas sostenibles, de bajo costo, y beneficiosas para todos los grupos sociales. En ese sentido, la investigación logró identificar los requerimientos para el uso de celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible, y brindar una conclusión de los factores a tener en cuenta para un mejor funcionamiento de los procedimientos de interés. Ampliando así, no solo el camino para investigaciones de similar intensidad, sino que incorporando una apreciación de actualización e innovación temática a partir de fuentes confiables.

## V. CONCLUSIONES

Se realizó satisfactoriamente la revisión sistemática de fuentes bibliográficas, sobre la producción de hidrógeno como combustible y su sostenibilidad, por medio de una búsqueda empleando las palabras clave en las diversas bases de datos, dentro de las cuales, se evidenció el creciente interés en el tema, el uso de combustible de hidrógeno es una realidad a futuro siendo notorio debido al creciente interés en los últimos años y a las nuevas investigaciones que están saliendo a la luz.

Se comprende la similitud de las celdas electrolíticas en cuanto a estructura y composición, en diversos trabajos de distintos autores; del mismo modo que una comparativa en la que se logra apreciar su efectividad en los procesos de producción de hidrógeno, se encontró que, la mayoría de stacks estudiados estuvieron compuestos por 12 celdas bipolares de mínimo 1000 cm<sup>2</sup> de área de superficie conectadas eléctricamente en serie, cada celda mantuvo separados y ensamblados los electrodos (ánodo y cátodo) por medio de un diafragma poroso.

Se identificó y analizó que los factores físico químicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno combustible, se resaltó como factor importante, el control y seguimiento de los parámetros pH mínimo de 4 y máximo de 7 y temperatura promedio de 31°C.

Respecto a identificar los beneficios del uso de hidrógeno como combustible se encontró que los beneficios del uso de hidrógeno como combustible, se encontró principalmente que, este es respetuoso con el medioambiente a diferencia de los combustibles convencionales, y que tiende a ser más eficaz el hidrógeno, dado a sus propiedades físicas y químicas, es un combustible no contaminante, por lo que logra comportarse adecuadamente como un producto de combustión de oxígeno que solamente produce agua y calor, es el elemento más ligero de la naturaleza, así como también el más abundante del universo, suponiendo más del 75%. estas propiedades beneficiosas del hidrógeno, permiten que sea un elemento de fácil estudio, y así como una fuente abundante y renovable.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere fomentar en la población uso del hidrógeno como combustible, ya que debido a sus propiedades físicas y químicas viene a ser un combustible no contaminante, pues su producción involucra principalmente los elementos de agua y calor, contribuyendo de esta manera a la disminución del impacto ambiental generado por la combustión en el uso de los combustibles fósiles.
2. A futuros investigadores, se sugiere tomar como referente los hallazgos de la presente revisión sistemática, para llevar a cabo estudios de tipo aplicado que permitan introducir el uso del hidrógeno como combustible para fomentar una cultura de cuidado ambiental y de sostenibilidad para el aprovechamiento de los recursos.

## REFERENCIAS

BALTAZAR, Pablo. Diseño de un Generador de Hidrógeno para Optimizar la Combustión de un Motor Volkswagen 1.5 L en la Ciudad de Huancayo. Universidad Continental, Facultad de Ingeniería. [en línea] Vol. 146, 2020, [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1ChKlxZI47BWbt2A2q0-q3ld6DNEQ2BAZ/view?usp=sharing>

BARBOSA, Sonia y Ter, Annemiek. Anaerobic biological fermentation of urine as a strategy to enhance the performance of a microbial electrolysis cell (MEC). [en línea] Vol. 139, 25 de febrero del 2019, [Fecha de consulta: 10 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811930285X>

BUSTAMANTE, Franco. Influencia de los factores de producción en la eficiencia de celda electrolítica de mercurio en la planta álcalis paramonga- peru. [en línea] Vol. 22, 2018, [Fecha de consulta: 10 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6185>

CLEMENTE, Maria, Sánchez, Monica y Rodríguez, Lourdes. Modelado de sistemas de electrolisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables. [en línea] Vol. 3, 18 de julio del 2019, [Fecha de consulta: 12 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://www.radoctores.es/doc/2V3N1-CLEMENTE%20-%20produccion%20de%20hidrogeno.pdf>

DELPierre, Mathieu [et al]. Assessing the environmental impacts of wind-based hydrogen production in the Netherlands using ex-ante LCA and scenarios análisis. Journal of Cleaner Production. [en línea] Vol. 299, 22 de septiembre del 2021, [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621010854>

DINH, Van [et al]. Development of a viability assessment model for hydrogen production from dedicated offshore wind farms. International Journal of Hydrogen Energy. [en línea] Vol. 46, n,<sup>a</sup> 48, 10 de octubre del 2021, [Fecha de consulta:12 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319920316438>

DINI, D. Hydrogen production through solar energy water electrolysis. [en línea] Vol. 8, 11 de agosto del 2003, [Fecha de consulta: 11de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0360319983901131>

DUROVIC, Martin, HNAT, Jaromír y BOUZEK, Karel. Electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction in alkaline and neutral media. A comparative review. Journal of Power Sources. [en línea] Vol. 493, 30 de agosto del 2021, [Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775321002494>

FUNEZ, Carlos y REYES, Lorenzo. El Hidrógeno como Vector Energético. Universidad Autonoma de Chile. [en línea] Vol. 201, septiembre del 2019, [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2022].

Disponible en:  
[https://drive.google.com/file/d/1X\\_zJly8OybJy\\_jmnVPFI0q5Bt\\_GGNQyg/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1X_zJly8OybJy_jmnVPFI0q5Bt_GGNQyg/view?usp=sharing)

GAJDA, Iwona y Leropoulos, Ioannis. Microbial Fuel Cell stack performance enhancement through carbon veil anode modification with activated carbon powder. [en línea] Vol. 264, 15 de marzo del 2020, [Fecha de consulta: 12 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919321634?via%3Dihub>

GALLARDO, Felipe [et al]. A Techno-Economic Analysis of solar hydrogen production by electrolysis in the north of Chile and the case of exportation from Atacama Desert to Japan. International Journal of Hydrogen Energy. [en línea] Vol. 46, n,<sup>a</sup> 26, 10 de octubre 2021, [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319920325842>

GARCIA, Inmer, GARAY, Wilder y PATIÑO, Alejo. Diseño y Construcción de un Prototipo para Obtener Gas Hidrógeno a partir de Aguas Residuales, y su Aplicación en la Conservación de Frutos de Aguaymanto. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú. [en línea] Vol. 102, julio del 2017, [Fecha de consulta: 19 de agosto 2022].

Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1ImnYtZvmlEoXbglPrx1uAvVbGrrKI97w/view?usp=sharing>

GARCIA, Nicolas. Estrategias para el Desarrollo de la Industria del Hidrógeno Verde. [en línea] Vol. 197, julio del 2020, [Fecha de consulta: 22 de septiembre del 2022].

Disponible en: [https://docs.google.com/document/d/1O\\_h1jACuP9JS4Dr60eZQh2vj\\_MC1OtRXKm3MTg8934/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1O_h1jACuP9JS4Dr60eZQh2vj_MC1OtRXKm3MTg8934/edit?usp=sharing)

GHAZVINI, Mahyar [et al]. Geothermal energy use in hydrogen production: A review. International Journal of Energy Research [en línea] Vol. 43, n, <sup>a</sup>14, 14 de abril del 2021, [Fecha de consulta: 16 de noviembre del 2022].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070689635&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85042415448&src=s&nlo=&nlr=&nls=&imp=t&sid=67c51c7254a851f4c81c19ad9ef4d42&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=26&citeCnt=21&searchTerm=>

GIMÉNEZ, Juan. Europa coloca el hidrógeno en el eje de una “recuperación verde” Gas Actual. [en línea]. Vol 156, 19 de abril del 2021, [Fecha de consulta: 10 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7577798>

GIMÉNEZ, Juan. La hoja de ruta que impulsará el hidrógeno renovable en España. Gas Actual. [en línea] Vol 157, 12 de abril del 2021, [Fecha de consulta: 11 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7714427>

GUO, Xiaokai y SEPANTA, Mehdi. Evaluation of a new combined energy system performance to produce electricity and hydrogen with energy storage option. Energy Reports. [en línea] Vol. 7, 5 de octubre del 2021, [Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721001955>

HUACHUAN, Sol y Chundong, Wang. Rh-engineered ultrathin NiFe-LDH nanosheets enable highly-efficient overall water splitting and urea electrolysis. [en línea] Vol. 284, 5 de mayo del 2021, [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926337320311577>

HUANG, Yuansheng y LIU, Shijian. Efficiency evaluation of a sustainable hydrogen production scheme based on super efficiency SBM model. Journal of Cleaner Production. [en línea] Vol. 256, 7 de octubre del 2021, [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620304947>

JIMENEZ, Fredy. Evaluación y Economía del Uso de Hidrógeno Verde en Aplicaciones para la Industria y Desplazamiento de Combustible Fósil. Universidad de Chile. [en línea] Vol. 102, 2020, [Fecha de consulta: 16 de agosto del 2022].



Disponible en:  
<https://drive.google.com/file/d/1DYm2Q3vi1jVywdd14d7fzDmBwPTRMQK/view?usp=sharing>

KAMIL, Czelej [et al]. Sustainable hydrogen production by plasmonic thermophotocatalysis. *Catalysis Today*. [en línea] Vol. 380, 28 de agosto del 2021, [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586121000808>

KUMAR, Arvind y Patel, Asfak. Technologies for the recovery of nutrients, water and energy from human urine: A review. [en línea] Vol. 259, 15 de junio del 2020, [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520315654>

LEON, Jimmy. Implementación de un Sistema Generador de Hidrógeno en un Motor Carburado. Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingeniería. [en línea] Vol. 201, 13 de mayo del 2019, [Fecha de consulta: 19 de noviembre del 2022].

Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8319/1/142765.pdf>

LOPEZ, Noeldris. Contribuciones cubanas al empleo del Hidrógeno como Fuente de Energía Renovable. Facultad de Química, Universidad de la Habana, Cuba. [en línea] Vol. 209, enero del 2019, [Fecha de consulta: 20 de agosto del 2022].

Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v31n1/2224-5421-ind-31-01-81.pdf>

MARTINEZ, Walter, Souza, Esteffany, Valcineide, Andrade y Soccol, Carlos. Hydrogen: Current advances and patented technologies of its renewable production. [en línea] Vol. 286, 1 de marzo del 2021, [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620350149>

MORALES, Miguel. Electro Catálisis y Fotocatálisis para la Producción de Hidrógeno a partir de Agua, Utilizando Metalocorrolatos y Metaloporfirinas. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. [en línea] Vol. 110, marzo del 2018, [Fecha de consulta: 29 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://drive.google.com/file/d/19Moax0EiXl7qmrEfiDJ9DTDGehq3WRo1/view?usp=sharing>

MURUGAN, Ramu, Ebenezer, Samuel, Moammed, Naina y Bora, Abispha. Dark fermentative biohydrogen production by Acinetobacter junii-AH4 utilizing various industry wastewaters. [en línea]. Vol. 46, 19 de marzo del 2021, [Fecha de consulta: 29 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.07.073>

NAVARRO, Marcelo, Martinez, Mariana, Valdez, Idania y ESCALANTE, Ana. A framework for integrating functional and microbial data: The case of dark fermentation H<sub>2</sub> production. [en línea] Vol. 203, 13 de noviembre del 2020, [Fecha de consulta: 19 de octubre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036031992033216X?via%3Dihubhttps://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036031992033216X?via%3Dihubhttps://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036031992033216X?via%3Dihub>

RIVERA, Griselda. El Hidrógeno como Fuente Alternativa de Energía. Instituto Politécnico Nacional Unidad Regional. [en línea] Vol. 203, junio del 2016, [Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
<https://drive.google.com/file/d/1ufH7oWiLWC37i4T0pJ8SjbJTW8P0mFfD/view?usp=sharing>

RIVERA, Harry. "Fabricación de celdas electroquímicas emisoras de luz (lecs) utilizando sustratos conductores de óxido de grafeno reducido (rgo)/pet y capas emisoras de luz compuestas de [Ru (bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>". [en línea] Vol.191, 15 de junio del 2016, [Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2051>

RODRIGUEZ, Jesús. Evolución de la Tecnología de las Celdas Electrolíticas. [en línea] Vol. 139, 18 de octubre del 2020, [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/evoluci%C3%B3n-de-la-tecnolog%C3%ADa-las-celdas-electrol%C3%ADticas-rodri%C3%93guez-le%C3%B3n>

SÁNCHEZ, Katherine. Energía Renovable: Hidrógeno como Vector Energético. Especialización en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial. [en línea] Vol. 219, 12 de abril del 2021, [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/681/ENERGIA%20RENOVABLE%20HIDR%C3%93GENO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SANCHEZ, Mónica. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN modelo para la simulación de electrolisis alcalina para la producción de HIDRÓGENO a partir de energías renovables Perú. [en línea] Vol. 201, 2019, [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2022].

Disponible en: <https://oa.upm.es/62567/>

SANCHEZ, Rafael y Silva Rodolfo. Combustible hidrógeno para el ciclo Rankine Hydrogen Fuel for Rankine Cycle. [en línea] Vol. 20, 3 de febrero del 2018, [Fecha de consulta: 16 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X18300247>

SAPOUNTZI, Foteini [et al]. Electrocatalysts for the generation of hydrogen, oxygen and synthesis gas. *Progress in Energy and Combustion Science*. [en línea] Vol. 58,22 de septiembre del 2022, [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128516300260>

SAZALI, Norazlianie. Emerging technologies by hydrogen: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*. [en línea] Vol. 45, 14 de abril del 2021 [Fecha de consulta: 19 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319920317493>

SGOBBI, Alessandra [et al]. How far away is hydrogen? Its role in the medium and long-term decarbonisation of the European energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*. [en línea] Vol. 41, 14 de agosto del 2022, [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319915301889>

SINIGAGLIA, Tiago [et al]. Production, storage, future stations of hydrogen and its utilization in automotive applications-a review. *International Journal of Hydrogen Energy*. [en línea] Vol. 42, 7 mayo del 2021, [Fecha de consulta: 19 de octubre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85029665107&citeCnt=21&noHighlight=false&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85042415448&src=s&nlo=&nlr=&nls=&imp=t&sid=67c51c7254a851f4c81c19ad9efe4d42&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=2>

TAMALLO, Edwin, ROSALES, Carlos, GUZMAN, Alex y PAZMIÑO, Paul. Efecto del Uso de Hidrógeno en la Potencia y Rendimiento de un Motor de Combustión Interna. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito - Ecuador. [en línea] Vol. 203, diciembre del 2016, [Fecha de consulta: 6 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422016000400043#:~:text=La%20adici%C3%B3n%20de%20hidr%C3%B3geno%20con,el%20caso%20de%20gasolina%20extra.](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000400043#:~:text=La%20adici%C3%B3n%20de%20hidr%C3%B3geno%20con,el%20caso%20de%20gasolina%20extra.)

TORBJORN, Eriksen, HAJIZADEH, Amin y SARTORI, Sabrina. Hydrogen-based systems for integration of renewable energy in power systems: Achievements and perspectives. International Journal of Hydrogen Energy. [en línea] Vol. 46, 30 de agosto del 2021, [Fecha de consulta: 17 de agosto de 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319921025064>

UJWAL, Kishor, Guptha, Yedire, Narasimha, Pandi y Shirish H. A review on recent advances in hydrogen energy, fuel cell, biofuel and fuel refining via ultrasound process intensification. [en línea] Vol. 264, 15 de marzo del 2020, [Fecha de consulta: 17 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041772100078X#!>

UJWAL, Zore [et al]. A review on recent advances in hydrogen energy, fuel cell, biofuel and fuel refining via ultrasound process intensification. Ultrasonics Sonochemistry. [en línea] Vol. 73, 28 de agosto del 2021, [Fecha de consulta: 19 de agosto del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041772100078X>

WANG, Mengjiao [et al]. Review of renewable energy-based hydrogen production processes for sustainable energy innovation. Global Energy Interconnection. [en línea]. Vol. 2, 22 de agosto del 2021, [Fecha de consulta: 17 de octubre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096511719301100>

WANG, Zhanlei, ZHANG, Xiaoqiang y REZAZADEH, Ali. Hydrogen fuel and electricity generation from a new hybrid energy system based on wind and solar energies and alkaline fuel cell. Energy Reports. [en línea] Vol. 7, 14 de octubre del 2021, [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721002821>

WEIMANN, Lukas [et al]. Optimal hydrogen production in a wind-dominated zero-emission energy system. Advances in Applied Energy. [en línea] Vol. 39, 14 de octubre del 2021, [Fecha de consulta: 22 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666792421000251>

BAYKARA, Sema. Hydrogen: A brief overview on its sources, production and environmental impact. [en línea] Vol. 43, 7 de junio del 2018, [Fecha de consulta: 25 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319918304002>

CASTILLO, Edelmira; VÁSQUEZ, Martha Lucía: El rigor metodológico en la investigación cualitativa. [en línea] Vol. 34, 2003, [Fecha de consulta: 2 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28334309>

CÓRDOVA, Ulises; DIAZ, María del Socorro; MEGÍA, Héctor J: Cambio climático y su impacto en el territorio. [en línea] Vol.1, 2018.p. 25. [fecha de consulta: 15 de septiembre 2022].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Contreras64/publication/332211840\\_cambio\\_climatico\\_y\\_su\\_impacto\\_en\\_el\\_territorio/links/5ca663a64585157bd322ddfb/Cambio-climatico-y-su-impacto-en-el-territorio.pdf#page=25](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Contreras64/publication/332211840_cambio_climatico_y_su_impacto_en_el_territorio/links/5ca663a64585157bd322ddfb/Cambio-climatico-y-su-impacto-en-el-territorio.pdf#page=25)

CORIA, Edelmira; VELÁZQUEZ, Juan; JUÁREZ, Armando: TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN ENTORNOS VIRTUALES MÁS USADAS EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. [en línea] Vol. 24, 2019, [Fecha de consulta: 5 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2833/283321886011.pdf>

HERNANDEZ, Sandra; DUANA, Avila: Técnicas e instrumentos de recolección de datos. [en línea] Vol. 9, 5 de diciembre 2020, [Fecha de consulta: 10 de septiembre del 2022].

Disponible en:  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019>

ABAD, Anthony; DODDS, Paul, Green hydrogen characterisation initiatives: Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges. [en línea] Vol. 138, 2 de marzo del 2020, [Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/280/28063104020/html/>

## ANEXOS

Figura N°1: Tabla de categorización

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
¿Cuál es el desarrollo que han tenido las celdas electrolíticas como alternativa de producción de hidrógeno mediante la electrólisis en los últimos años, tomando en cuenta los acontecimientos más relevantes de la última década en el tema ambiental y biocombustible?	Realizar una revisión sistemática de fuentes bibliográficas sobre la producción de hidrógeno como combustible y determinar su sostenibilidad teniendo en cuenta los acontecimientos de la última década en el ámbito ambiental	Describir las celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible.	Descripción de celdas electrolíticas.	Rol sistemático, responsabilidad y armonía
		Identificar y analizar cuáles son los factores físico químicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno combustible.	Identificación de factores fisicoquímicos.	Conceptos teóricos y tecnología
		Identificar los beneficios del uso de hidrógeno como combustible.	Beneficios.	Beneficios y ventajas.

Fuente: Elaboración propia.



**FIGURA N°2:** Documentos revisados.

<b>DOCUMENTOS REVISADOS</b>				
<b>BASE DE DATOS</b>	<b>PALABRAS CLAVE</b>	<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	<b>DOCUMENTOS SELECCIONADOS</b>	<b>EXCLUSIÓN</b>
Science Direct	Hidrogeno, combustible de hidrógeno, combustible a base de agua, electrolisis, electrolisis del agua celdas electrolíticas hydrogen, hydrogen fuel, water-based fuel, electrolysis, electrolysis electrolytic cells, hydrogen engine, water engine.	ARTÍCULOS; CIENTÍFICOS, TESIS, LIBROS, REVISTAS	24	Menores a 7 años de antigüedad a partir del 2015 y Mayores a 7 años de antigüedad del 2014 hacia abajo.
Dialnet Web of Science, Research Gate,			2	
Redalyc			0	
Scielo			3	
Repositorio UCV			5	
Scopus			2	
Base Bielefeld Academic Search Engine			0	

Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA N°3** Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.

OBJETO DE ESTUDIO	PREGUNTA GENERAL DE ESTUDIO	OBJETIVO GENERAL DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN	CATEGORÍAS
<p>“Revisión sistemática de celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible”</p>	<p>¿Cuál es el desarrollo que han tenido las celdas electrolíticas como alternativa de producción de hidrógeno mediante la electrólisis en los últimos años, tomando en cuenta los acontecimientos más relevantes de la última década en el tema ambiental y biocombustibles?</p>	<p>Realizar una revisión sistemática de fuentes bibliográficas sobre la producción de hidrógeno como combustible y determinar su sostenibilidad teniendo en cuenta los acontecimientos de la última década en el ámbito ambiental.</p>	<p>Describir las celdas electrolíticas para la producción de hidrógeno como combustible</p>	<p>Descripción de celdas electrolíticas.</p>
			<p>Identificar y analizar cuáles son los factores físico químicos y condiciones que influyen en el proceso de producción de hidrógeno combustible</p>	<p>Identificación de factores fisicoquímicos.</p>
			<p>Identificar los beneficios del uso de hidrógeno como combustible.</p>	<p>Beneficios.</p>

Fuente: Elaboración propia.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, QUEZADA ALVAREZ MEDARDO ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Revision sistematica de celdas electroliticas para la produccion de hidrgoeno como combustible.", cuyos autores son SALAVERRY ENRIQUEZ DIANA CAROLINA, ADRIANZEN BOBADILLA KAROLLEY ISAMAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 21 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
QUEZADA ALVAREZ MEDARDO ALBERTO <b>DNI:</b> 18110481 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0215-5175	Firmado electrónicamente por: MAQUEZADAA el 21- 12-2022 19:34:03

Código documento Trilce: TRI - 0448973