

Hidrógeno como fuente de combustible: Una apuesta para el sector aeronáutico

Autores: Ariza, Luis Armando*; Molano Pulido, Renso Mardu

Contacto: *luis.arizaa@esufa.edu.co

País: Colombia

Resumen

Uno de los retos a los que se enfrenta actualmente Colombia en temas de transición energética es crear y desarrollar estrategias investigativas que le permitan poner en marcha acciones para lograr una modernización y utilización de fuentes no convencionales de energía y darlos a conocer de manera oportuna en eventos de investigación y académicos a fin de infundir el conocimiento y los apoyos científicos requeridos en el proceso de transición energética por parte de la comunidad mundial que revela los avances a fin de lograr dar cumplimiento a la agenda mundial 2030; razón por la cual, a través de la ley 2099 de 2021 el Gobierno Nacional estableció una serie de disposiciones para lograr dicha transición, escenario en el que el sector aeronáutico, uno de los mayores generadores de gases de efecto invernadero, no debe ser ajeno debido a que su operatividad depende de la utilización de hidrocarburos altamente contaminantes en sus aeronaves y maquinaria de apoyo a las operaciones aéreas en tierra.

Es así como, la Escuela de Suboficiales “Capitán Andrés M. Díaz” de la Fuerza Aeroespacial Colombiana necesita generar espacios para incentivar la investigación de los alumnos en las aulas y laboratorios que permita formular soluciones con propuestas innovadoras en el uso de combustibles amigables con el medio ambiente, a fin de aportar al alcance de los objetivos a los que el país le apuesta en materia energética con el uso del hidrógeno, tal como se establece en el decreto 1476 de 2022 con el que se promueve la innovación, investigación, producción, almacenamiento y distribución de éste como fuente primaria de energía. Razón por la cual, este documento muestra como a partir de una investigación de tipo exploratorio se fomenta el desarrollo del conocimiento en los alumnos quienes, a partir de pruebas preliminares, puedan determinar la posible implementación de este recurso energético con apoyo de las diferentes Unidades Militares donde la Fuerza Aeroespacial Colombiana hace presencia.

Palabras clave: fuente energética; hidrógeno; formación; investigación; sector aeronáutico.

1. Introducción

Explorar es una de las razones por las cuales ha cambiado el mundo y la forma en que se vive en él, debido a que el pensamiento del ser humano se sujetó durante muchos años a leyes ya establecidas en relación con el funcionamiento mecánico, eléctrico y químico de las cosas, que son utilizadas a diario; dejando un impacto en el entorno en algunos casos negativo en el hábitat del hombre. Por ello en los últimos tiempos, los individuos y las industrias, han detectado la necesidad de investigar nuevos métodos que den acceso al avance en nuevas tecnologías, conllevando a liberar un potencial en el desarrollo del pensamiento y su intelecto, guiándolo en la implementación de nuevos recursos que mejoren su calidad de vida, sin generar un impacto significativo al medio ambiente y su hábitat tradicional, a fin que el ser humano pueda conseguir su preservación en el mundo sin afectar la coexistencia con los seres vivos y el ecosistema que lo rodea; es allí donde se expone la idea de concientizar a los líderes mundiales y a cada individuo a, en cuan-

to su manera de vivir y existir, lo que ha dado como resultado que muchos países a través de cumbres, se unan para plantear objetivos que se unifique para reducir o evitar la presencia de problemáticas mundiales (principalmente medio ambiente) y sus posibles soluciones.

Basados en el anterior contexto los compromisos que Colombia como país miembro de las Naciones Unidas, dispuso bajo la ley 2099 de 2021, por medio de la cual se dictan las políticas para la transición energética. La dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y otras disposiciones (Luis Alberto Rodríguez, 2023), las cuales se determinan con el propósito de orientar y dar vía libre a la investigación de fuentes confiables y renovables capaces de aportar soluciones para el cumplimiento de las metas trazadas en la cumbre de París en 2015. Invitando con esto a la participación de todos los colombianos y sus empresas a presentar alternativas en el uso de las energías, involucrando a universidades, instituciones y entidades a que desarrolle soluciones a la generación de energías verdes, como el hidrógeno que es el caso para investigar.

Muestra de esto son los avances que se tienen a nivel mundial en cuanto al sector de aviación y la implementación del hidrógeno como fuente primaria en sus aeronaves resaltando uno de sus mejores exponentes la empresa fabricante de aeronaves AIRBUS quien presenta tres aeronaves en las cuales está realizando pruebas funcionales en motores operados con hidrógeno en lo que ellos mismos denominan proyecto ZEROe (ZEROe nombre utilizado por el fabricante de aeronaves Airbus para referirse a sus aviones con cero emisiones contaminantes) (Airbus, 2023), dos de estas aeronaves están dotadas de motores convencionales a reacción tipo turbo fan y turbo hélice claramente modificados para trabajar con hidrógeno y un tercero del cual no se muestra mucho detalle ni especificaciones técnicas, invitando a las empresas del sector de la aviación a pretender tener muy pronto sus modificaciones en su planta matriz a este nuevo combustible del cual se promete será el salvavidas para este medio de transporte eficaz.

En el año 2022 se logra establecer que una de las fuentes más asequible y segura en esta transición energética corresponde al uso de hidrógeno como fuente combustible en la industria orientada a una posible solución. Es así como Colombia establece en el decreto 1476 de 2022 el cual promueve la innovación, investigación, producción, almacenamiento y distribución de éste como fuente primaria de energía, (publica, 2023) documento que permite que todas las personas guíen sus estudios, investigaciones e inversiones proyectadas al uso eficaz y confiable del hidrógeno comprometiendo a las entidades gubernamentales a fortalecer desde la academia la innovación, implementación y uso de los recursos puestos a disposición de las instituciones para el fortalecimiento en materia de investigación de su personal, potenciando el recurso más importante que es el talento humano.

Es así como, en la Fuerza Aérea Colombiana con iniciativas de implementar soluciones de energías renovables no convencionales se estaría proyectando a dar un avance de gran magnitud, rompiendo el esquema de la utilización de métodos con efectos negativos al medio ambiente; se reafirma el compromiso con el ecosistema y la protección de los recursos, como lo establece la estrategia para el desarrollo aéreo y espacial (Fuerza Aeroespacial Colombiana, 2023). por tal motivo la Escuela de Suboficiales "CT. Andrés M. Díaz" alineada con las áreas misionales de contribución, fortalecen la sección de protección de la naturaleza y los entornos que lo rodean; mediante proyectos de investigación focalizados en generar e implementar fuentes energéticas con sentido de responsabilidad, que beneficie los espacios verdes que hacen parte del mundo. Teniendo como fin buscar medios que incentiven la inversión tanto académica como económica, que acceso a este tipo de tecnología.

Es así como se conlleva a realizar esta investigación con el interés de generar espacios con miras a incentivar la investigación de los alumnos en las aulas y laboratorios que permita formular soluciones con propuestas innovadoras en el uso de combustibles más amigables con el ambiente. Los resultados obtenidos de esta investigación en cuanto a promover e incentivar a los estudiantes en investigaciones focalizadas en el tema de generación de fuentes más limpias se plantea la construcción de un generador de hidrógeno con el método de electrolisis, el cual consiste en ensamblar una estructura denominada electrodos, en la cual se empleará dieciséis láminas de acero inoxidable 304L, la que estarán unidas con dos varillas de rosca, las que servirán de conexión para energizar el electrodo el cual está sumergido en un recipiente con agua destilada y una solución de hidróxido de potasio que reaccionara como electrolito y así poder activar la generación de hidrogeno por medio de electrolisis .

Es así como, la Escuela de Suboficiales “Capitán Andrés M. Díaz” de la Fuerza Aeroespacial Colombiana necesita generar espacios para incentivar la investigación de los alumnos en las aulas y laboratorios que permita formular soluciones con propuestas innovadoras en el uso de combustibles amigables con el medio ambiente y proyectadas al cumplimiento de las necesidades de la institución, el país y los acuerdos mundiales, donde sean los estudiantes de estas generaciones quienes se vean involucrados y motivados a transformar el mundo y su manera de coexistir, a fin de aportar al alcance de los objetivos a los que el país le apuesta en materia energética con el uso del hidrógeno.

2. Método y materiales

En la búsqueda de poder formular soluciones con propuestas innovadoras, en la ESUFA (Escuela de suboficiales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana) se estableció el diseño de un generador de Hidrógeno ya que este tipo de dispositivos tiene la capacidad de descomponer una partícula de H_2O por medio del método de electrolisis, usando una alimentación solar para energizar un sistema de electrodos conductores de acero los cuales separan el hidrógeno del oxígeno, donde el oxígeno es liberado al medio ambiente sin generar contaminación y el hidrógeno es almacenado y al ser quemado se entrega al medio ambiente donde se combinará nuevamente con el oxígeno generando vapor de agua reduciendo sustancialmente el deterioro al ecosistema.

Teniendo en cuenta, que en la investigación los estudiantes propondrán paneles solares o generadores eólicos, para obtener la corriente necesaria para alimentar el electrodo; con esto se llevara a cabo un ciclo que se podría denominar como perfecto en generación de un combustible limpio o mejor planteado con cero emisiones de CO_2 , incentivando la exploración de los alumnos en las aulas y laboratorios, donde se pretende que sean los estudiantes quienes construyan, observen y clasifiquen, los mejores materiales para garantizar el óptimo desempeño en producción de hidrógeno, aumentando en ellos un razonamiento que los lleve a un análisis que dé como resultado incógnitas e inquietudes, en relación a las premisas de si es posible mediante la electrolisis obtener un combustible limpio, con potencial, altamente eficaz, con cero emisiones de contaminación, que desde su capacidad logre remplazar los actualmente utilizados a base de hidrocarburos.

Esta propuesta se realizará en cinco etapas: primera etapa estado del arte y conceptual que busca fomentar la problemática y mostrar el interés de la Institución en la solución de métodos que mitiguen la contaminación en sus operaciones aéreas, segunda etapa, selección del método de extracción de hidrógeno de forma segura y limpia a través del método de electrolisis que resulta de separar la molécula de agua y usar el hidrogeno como fuente combustible que al ser utilizado y liberado en el medio se convertirá en vapor de agua sin generar contaminación y liberar el oxígeno que por sí solo se acopla al ambiente de forma natural o uniéndose nuevamente a la partícula de hidrogeno generando vapor de agua, tercera etapa,

elección de materiales para la elaboración del generador, cuarta etapa, ensamble del dispositivo, quinta etapa pruebas y medición de parámetros de generación, es preciso determinar que en esta última fase y para fines de este documento al tratarse de una investigación exploratoria se entregaran resultados hasta el porcentaje de desarrollo actual del proyecto. por consiguiente, la primera etapa que consiste en realizar un estado del arte y conceptual basado en las teorías que sustentan este proyecto, a su vez, incluir dentro de este componente investigativo fuentes o estudios realizados por universidades tanto nacionales o internacionales, para tener un panorama amplio en relación con la implementación del desarrollo de esta nueva tecnología (Generación de hidrógeno como combustible), y así ayudar a disminuir la emisión de CO₂.

En la segunda etapa se revisó los diferentes procesos utilizados en la generación de hidrógeno, como iniciativa propia y por la facilidad en el mercado de adquirir los materiales necesarios para realizar el prototipo, se utilizó el método de electrolisis, que es el más utilizado y económico en la generación del H₂. Teniendo ya establecido el proceso a utilizar en la extracción de hidrogeno, se desarrolla la tercera etapa que consiste en la elección de todos los materiales a utilizar y la adquisición de estos.

Es así teniendo claro el método de electrólisis, se da comienzo en la adquisición de todos los materiales necesarios en el desarrollo en el prototipo a ejecutar. Por lo tanto, se pudo establecer la utilización de algunos materiales reciclados y así dar una mayor contribución al cuidado del medio ambiente y optimizar recursos.

En primera medida se hizo el listado de todos los materiales los cuales se describen a continuación.

2.1. Envases

Los embaces a utilizar son dos recipientes de vidrio (ver Figura 1), reutilizados de productos libres de grasa para evitar contaminación y los cuales se observó la posibilidad de ser ideales en el armado del prototipo.

FIGURA 1. Envases de vidrio reciclados



2.2. Electrodo metálicos

Los electrodos son necesarios para la generación de hidrógeno, se utilizó el acero inoxidable 304L, este metal es una aleación (combinación o mezcla) de hierro (Fe) y carbono (C) siempre que el porcentaje de carbono sea inferior al 2%. (Areatecnologia, 2023)

El acero inoxidable tipo 304L, es un acero inoxidable austenítico que tiene elementos formadores de austenita, como el níquel, el manganeso y el nitrógeno serie T 300. Tiene un mínimo de 18% de cromo y

8% de níquel, combinado con un máximo de 0.08% de carbono. Se define como una aleación austenítica de cromo-níquel. (Ainoxsas, 2023)

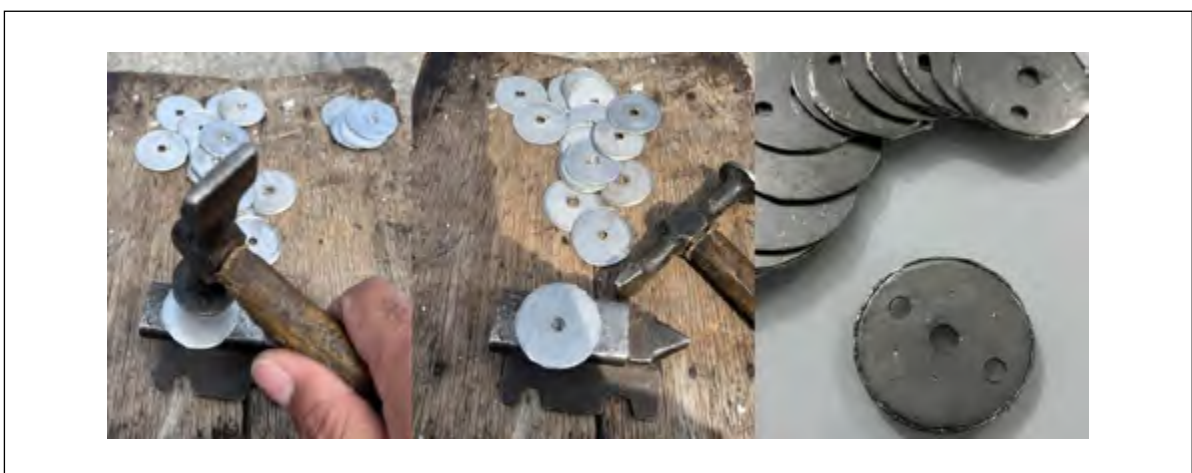
La obtención del acero se realizó en un taller de fabricación de ductos de los aires acondicionados industriales, en una de las piezas se debe realizar unos orificios para la ventilación del sistema, en este proceso quedan desperdicios del material el cual el taller lo desecha por material inservible, se determinó que estas piezas se podrían reutilizar en la parte de electrodos del prototipo a realizar, optimizando así los recursos y generando un aprovechamiento de todos los recursos mitigando así el daño ambiental.

FIGURA 2. Acero 304L reciclado



Las piezas reutilizadas para el electrodo, se les realizó un proceso de alistamiento, las cuales tenían en los bordes filosos debido que las sacaron con una broca especial y queda partes cortantes. Se procedió a arreglarlas como se observa en la Figura 3, para evitar cualquier accidente en la manipulación y ensamble con este material.

FIGURA 3. Acero 304L ya acondicionado



2.3. Soporte de los electrodos

En esta pieza del prototipo se utiliza una varilla en acero enroskada 3/16 (ver Figura 4), la cual sirve para soporte de las 16 arandelas utilizadas como electrodos.

FIGURA 4. Varilla enroscada 3/16



2.4. Ajustes de los electrodos

Dentro de los materiales utilizados en poder ajustar y mantener fijo las arandelas de acero se utilizan las tuercas y arandelas para el soporte utilizado, en este caso, son tuercas también en acero inoxidable para la varilla de 3/16 (ver Figura 5).

FIGURA 5. Tuerca y arandelas de acero 3/16



2.5. Aislamiento de los electrodos

En el aislamiento de los electrodos negativo y positivo se utiliza una funda termoencogible, la tecnología de las etiquetas termoencogibles funciona con ayuda del calor, una vez que la etiqueta o película entra en contacto con una temperatura alta la etiqueta se encoge y se ajusta exactamente a la forma del envase. (Holomex, 2021)

También para ayuda de ajuste, pero aislado entre los electrodos se utiliza unos empaques siliconados los cuales sirve para aislar el sistema de electrodos (ver Figura 6).

FIGURA 6. Empaques siliconados y Funda Termoencogible



2.6. Terminales del soporte de los electrodos

En este caso se utilizaron terminales de aro, que se puede ver en la Figura 7, las cuales sirven para la conexión de la energía a los electrodos del prototipo. El terminal de ojo es un elemento necesario para la correcta conexión de multitud de dispositivos, en concreto, en el sector fotovoltaico el uso más habitual de los terminales de aro es la conexión de las baterías.

FIGURA 7. Terminal de aro



2.7. Sistema de Salida del Hidrógeno

En este sistema se utilizan racores conectores de pequeño diámetro como lo podemos observar en la Figura 8. Los conectores racores se enroscan o conectan directamente con tuberías y están diseñados para sellar de manera segura y evitar fugas de líquido o gas. Este sistema nos ayudara a no tener fugas del gas lo cual podría ocasionar un accidente.

FIGURA 8. Racores conectores



También en este sistema se encuentra la manguera de plástico (ver Figura 9), la cual sirve para guiar el hidrógeno generado hacia el sistema denominado burbujeador. Son recomendadas para el flujo de aire, líquidos, gases y un sin número de varias aplicaciones de equipos médicos de laboratorio, automatización, buena resistencia a combustibles, aceites y sustancias químicas. Útil en procesos de presión baja, atóxica.

FIGURA 9. Manguera plástica



2.8. Sistema burbujeador

Es el sistema que sirve para evitar algún accidente con el hidrógeno, los sistemas burbujeador el cual se puede observar en la Figura 10, tienden a estar hechos de vidrio y contienen una pequeña cantidad de agua, debe recibir una cantidad de Hidrógeno proveniente del generador por medio de las mangueras, dentro del burbujeador el gas es más denso que el agua y este empieza a subir y salir por el otro ducto el cual dirige el hidrógeno hacia la boquilla de salida.

FIGURA 10. Burbujeador



2.9. Agua destilada y electrolito

El agua destilada es la sustancia cuya composición se basa en la unidad de moléculas H_2O , cuyo proceso de purificación se realiza mediante destilación; debido a su elevada pureza se obtiene algunas propiedades físicas diferentes a las del agua de consumo diario, como por ejemplo la conductividad del agua destilada es casi nula, carece de muchos iones que producen la conductividad como cloruros, calcio, magnesio y fluoruros (ver Figura 11).

FIGURA 11. Agua destilada



Fuente: Adaptado de Construquimicos (2023).

Para una mejor electrolisis y generación de hidrógeno es necesario utilizar un electrolito llamado hidróxido de potasio (Figura 12) o también se conoce como la potasa cáustica, este ayuda a desprender el hidrógeno de la molécula de agua en el proceso del electrolisis.

FIGURA 12. Electrolito del generador, Potasa Caustica



El electrolito es importante porque es lo que usan generadores de hidrógeno para mantener la tensión correcta a través de las placas y para llevar la corriente eléctrica a partir de una placa a otra. El electrolito hace que la agua se comporte mejor como conductor ya que el agua pura es un aislante y no realizará ninguna conducción de corriente. (Hho-plus, 2023)

Teniendo claro los materiales que se van a utilizar en el prototipo, se comienza con armar el electrodo como se observa en la Figura 13, que consiste en cortar las varillas enroscadas de 3/16 del tamaño del embase de vidrio que se va a utilizar y se describió que es un frasco de vidrio reciclado. Este tiene una altura

de 15 cm, por lo tanto, se corta la varilla de 18cm, para que sobre salga del frasco. Se cortan dos varillas del mismo largor que son las que servirán de soporte para los electrodos que son las arandelas recicladas de acero 304L, que anteriormente se les realizo dos orificios de 3/16 para que pueda ser introducida la varilla.

FIGURA 13. Herramientas, materiales y electrodo ensamblado



Ya ensamblado los electrodos, se realizan tres orificios a la tapa plastica del frasco de vidrio, los cuales se utilizan dos para que sobre salga las varillas del electrodo, las cuales serán donde se les conectara la fuente de energía. El otro orificio es donde se acopla el racor o conector donde será la salida del hidrógeno generado por la electrolisis el cual se dirigirá al burbujeador por medio de una manguera colocada en la boquilla del racor, y en la entrada del burbujeador. El cual se armará con otro frasco de vidrio también reciclado el cual contendrá agua normal y servirá de sistema protector que evitará que el fuego tenga posibilidad de retornar al generador ya que estamos produciendo un gas altamente detonante y se requiere el máximo de protección para evitar algún accidente con el hidrógeno.

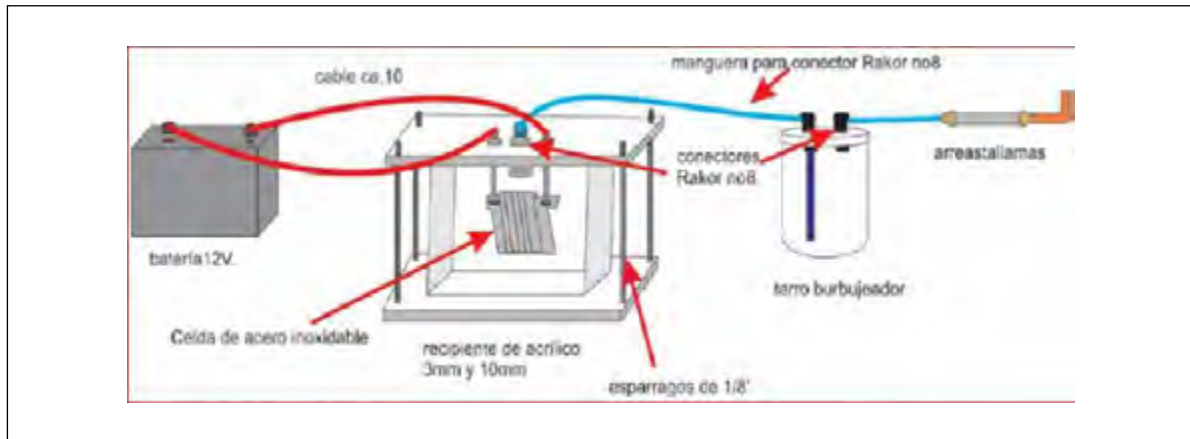
El sistema de energía que se utilizara será una fuente de voltaje o una pila recargable, se está analizando la utilización de alguna de estas dos opciones ya que se tiene que evaluar la carga que el generador requiera para su proceso, ya que este voltaje será clave también en la cantidad de hidrógeno que pueda producir con el prototipo (ver Figura 14).

FIGURA 14. Generador de Hidrógeno



En la Figura 15 se da un ejemplo de cómo quedara el prototipo generador de hidrógeno que se realizara posteriormente. También se muestra un esquema generador de cómo sería el sistema.

FIGURA 15. Esquema del Sistema completo del Generador de Hidrógeno



Fuente: Adaptado de Gonzalo (2021).

3. Resultados, discusión y análisis

Al término de este documento, se puede determinar por medio de la retroalimentación por parte de los estudiantes al docente tanto en las aulas y como en los laboratorios donde se llevó a cabo la fase experimental, una gran motivación, interés y asombro de los estudiantes con respecto al tema relacionado con el hidrógeno y como por el método por electrolisis se puede obtener este elemento de una forma más limpia, sin generar daños al ecosistema, procedimiento e impacto que se desconocían por completo por los estudiantes y al entender que es una alternativa de energía renovable despertó gran curiosidad para seguir profundizando en ella.

Esta primera fase exploratoria de producción y búsqueda del conocimiento en marcada en la obtención de mejores fuentes sostenibles en los procesos de producción muestran tendencias en calidad y adquisición de productos que mejoran los resultados y mitigan los daños ambientales, logrando la eficiencia, eficacia y efectividad en los nuevos desarrollos tecnológicos.

Dentro de la investigación, se establece que los materiales para la elaboración del generador de hidrógeno, sería el acero 316L, el cual presenta mejores características que el acero referencia 304L utilizado en el prototipo, ya que este contiene una adición de molibdeno que lo hace más resistente a la corrosión, factor importante en este tipo de trabajo puesto que en el proceso de electrolisis, se requirió que el acero sea lo más resistivo a la corrosión para explotar al máximo la producción de hidrógeno.

Es necesario aclarar, que para este prototipo se utilizó acero inoxidable 304L contando que este es más fácil de adquirir y más económico, factor clave para la adquisición de los productos por parte de los estudiantes.

Dentro de la realización del generador, se pudo determinar que el sistema de sellado en cada dispositivo debe ser altamente eficaz ya que se trata de maximizar la producción de hidrógeno y así también prevenir accidentes por fugas de gas en cada recipiente.

Se pretenden llevar pruebas de generación de hidrógeno a baja escala y tener datos de medición en cuanto a volumen producido, voltaje consumido por volumen producido y deterioro del generador tanto por tiempo como por producción.

4. Conclusiones

La principal conclusión a la que se puede llegar en este proceso de aprendizaje continuo es que falta generar interrogantes ante los nuevos desafíos en sostenibilidad ambiental que se presentan, para que los estudiantes despierten su curiosidad, interés y preocupación para buscar respuestas basadas en la adquisición de nuevo conocimiento a través de la exploración e indagación.

En relación con las premisas de esta investigación se fomenta el intercambio del conocimiento, que ayudará a explorar nuevas tecnologías e innovar en campos desconocidos. Es por ello, que el despertar el interés por encontrar nuevas tendencias en la investigación, siendo este campo no solo reservado para aquellos que tienen un gran conocimiento, sino para aquellos se atreven a cuestionarse y explorar, que es lo que se ha intentado demostrar en esta investigación.

De igual manera, se pudo observar que hay una gran preocupación e interés por las nuevas generaciones de Suboficiales de la FAC en querer investigar y aportar en el cumplimiento de las políticas mundiales en torno a la conservación del medio ambiente a través del desarrollo de nuevas fuentes de combustible para los sectores más contaminantes como lo es el área de aviación.

Referencias bibliográficas

- Ainoxsas (14 de mayo de 2023). *Propiedades del acero 304*. <https://www.ainoxsas.com/acero304/>
- Airbus (25 de abril de 2023). *Airbus*. <https://www.airbus.com/en/innovation/low-carbon-aviation/hydrogen/zeroe>
- Areatecnologia (14 de mayo de 2023). *ACERO INOXIDABLE*. https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html#Tipos_de_Acero_Inoxidable
- Construquimicos (2023). *AGUA DESTILADA*. <https://construquimicos.com.co/materias-primas/22-agua-destilada.html>
- Hho-plus (2023). *ELECTRÓLITO. HIDRÓXIDO DE POTASIO KOH*. https://www.hho-plus.com/product.php?id_product=17&id_lang=7#:~:text=El%2oelectrolito%2oes%2oimportante%2oporque,de%2ouna%2oplaca%2oa%2ootra
- Holomex (16 de septiembre de 2021). *¿Qué es una etiqueta termoencogible?* <https://holomex.com.mx/que-es-etiqueta-termoencogible/#:~:text=La%2otecnolog%C3%ADa%2ode%2olas%2oetiquetas,a%2ola%2oforma%2odel%2oenvase>
- Rodriguez, L. A. (20 de abril de 2023). *Función pública*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>
- Maciej Nowak Projects (23 de noviembre de 2021). https://www.youtube.com/watch?v=RYo8xO-_11w
- Ortega, G. (junio de 2021). *Transición para el Desarrollo Sustentable- Serie Dialogando lo Ambiental*. https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Diseño-de-la-celda-generadora-de-hidrogeno_fig12_352844641/downloadpublica
- F. (21 de abril de 2023). *Función pública*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=191408>
- Gonzalo, O. (2021). *Esquema del Sistema completo del Generador de Hidrógeno*. https://www.researchgate.net/publication/352844641_Transicion_para_el_Desarrollo_Sustentable- Serie_Dialogando_lo_Ambiental