



**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA SOSTENIBLE PARA LA GENERACIÓN
DE HIDRÓGENO RENOVABLE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS
LIMPIAS.**

**POR: MSc., ANGEL FARÍAS.
MATURÍN, SEPTIEMBRE DEL 2019.**

Expectativas e intereses. Yo, Angel Jose Farias Salazar de profesión Lcdo., en Tecnología de Alimentos, egresado de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas en Maturín Venezuela, MSc., en Producción más Limpia, egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería en Managua, Nicaragua, además de un título profesional MSc., en Cooperación Internacional y Gestión de Proyectos Sociales, otorgado por el Instituto Europeo Campus Stellae, en Galicia España; a fin de demostrar la capacidad investigativa, a través de la participación en proyectos de investigación y desarrollo, la publicación de artículos científicos y la participación en eventos académicos, deseo constituir sólidos conocimientos, y obtener las herramientas necesarias para proponer el diseño de su sistema sustentable para la producción de hidrogeno renovable mediante la aplicación de tecnologías limpias. Ser un investigador autónomo del alto nivel, con capacidad de proponer, dirigir y realizar investigación que conduzcan a la generación de nuevo conocimiento en el área de la energía, con capacidad de formular y desarrollar proyectos de investigación que permitan generar soluciones de alto impacto, que contribuyan al progreso del país. Es por esto que en el trabajo se plantea, proponer las bases teóricas para la creación del Consejo Nacional del Hidrogeno en Venezuela, como organismo regulador y encargado de masificar las políticas públicas, objetivos, planes y metas que contribuyan al desarrollo económico y social del país, y garantizar la conservación del medio ambiente.

Según El Troudi, H, 2018, el hidrógeno promete convertirse en un recurso que incluso pueda ser producido en los propios hogares, por lo que se instaurará un sistema de libertad energética absoluta. De allí que generalizar la información y patrocinar la conciencia ciudadana necesaria para la acción transformadora, es una tarea impostergable, y en tal sentido, le corresponde a la civilización alistarse para lo nuevo. Sin lugar a dudas, será una época de trascendencia existencial para nuestros países. Por estas razones, se propone el diseño de un prototipo de sistema sustentable para la generación de hidrogeno renovable, mediante la implementación de tecnologías limpias, el cual pueda ser aplicado y adaptado a las realidades de nuestras regiones.

Temática central. El tema central es diseñar un prototipo de sistema sustentable para la generación de hidrogeno renovable mediante la aplicación de tecnologías limpias. Para esto se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Diseñar un sistema sustentable para la generación de hidrogeno renovable mediante la aplicación de tecnologías limpias.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1.- Diseñar el sub sistema Stirling para la generación eléctrica
- 2.- Diseñar el prototipo de electrolizador tipo PEM de baja potencia (1KW) y elevada presión (<15Bbar).
- 3.- Diseñar el sub sistema de almacenamiento de hidrogeno.
- 4.- Determinar la eficiencia del sistema de producción de hidrogeno limpio.
- 5- Evaluar la sustentabilidad del sistema de producción de hidrogeno limpio.
- 6.- Proponer las bases teóricas para la creación del Consejo Nacional del Hidrogeno en Venezuela.

Problema a ser investigado. Uno de los desafíos más importantes que deberá afrontar la humanidad en las próximas décadas es la problemática energética, según la Agencia Internacional de Energía, (International Energy Agency en inglés, IEA), en el año 2018 más del 81% del abastecimiento de energías primarias de todo el mundo fue con carbón, petróleo y gas natural; por un lado, el contexto actual de agotamiento de reservas de combustibles fósiles convencionales, las oscilaciones de sus precios y el impacto ambiental, político y socioeconómico que éstos generan en nuestras sociedades ya avizoran escenarios muy críticos para el futuro de una economía basada en el petróleo. Por otra parte, la tendencia creciente de la población y la urbanización, el desarrollo de los países emergentes y la demanda de un mejor estándar de vida en general tienen una consecuencia directa en el aumento significativo de la demanda de energía a nivel mundial. El cambio climático global y la contaminación ambiental, emparentados a estas circunstancias, son algunos de los problemas más acuciantes que debemos resolver. Las proyecciones de la IEA estiman que para el año 2035, se consumirán más de 10.390 millones de tonelada equivalente de petróleo (Mtep), teniendo en cuenta un escenario plausible, dentro del marco de políticas climáticas, que logren estabilizar en las próximas décadas la

concentración global de gases de efecto invernadero en 450 ppm de CO₂ equivalente (políticas necesarias para limitar el incremento de la temperatura media global en menos de 2°C). Por su parte, el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) del año 2013, afirma que para ese año, las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) excedieron los niveles de los tiempos preindustriales en 40%, 150% y 20%, respectivamente. Se establece además en esa referencia, con estimaciones altamente confiables, que el 60% de las emisiones de CO₂ es debido a la quema de combustibles fósiles. Existen numerosos análisis de escenarios que concuerdan en que debe revertirse con urgencia esta tendencia creciente de emisiones, en tal sentido y basándose en estas afirmaciones, se propone un sistema sustentable para la producción de hidrogeno limpio como alternativa energética para nuestra país, también se propone, estandarizar el sistema a fin de que pueda ser adaptado a las realidades y necesidades energéticas de nuestros países. Y proponer las bases teóricas para la creación del Consejo Nacional del Hidrogeno en Venezuela.

Revisión de bibliografía.

MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

Las fracciones que forman las distintas fuentes de energía primaria en el total del consumo global de energía, conforman la matriz de demanda energética mundial. Según el BP Statistical Review of World Energy 2019, en el año 2018, el 33% del total del consumo global de energías primarias fue abastecido con petróleo, el 30% con carbón, el 24% con gas natural, el 7% con energía hidroeléctrica, el 4% con energía nuclear y el restante 2% con otras fuentes renovables de energía. Ese año, el consumo de energías primarias en el mundo creció un 1,8% respecto del año anterior. Este crecimiento es muy inferior al 2,6% de crecimiento promedio de los últimos diez años. Mientras que en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la demanda disminuyó en un 1,2% (caída del 2,8% en Estados Unidos), en los países que no están en la OCDE, la demanda creció un 4,2%.

ENERGÍAS SUSTENTABLES

El informe titulado “Nuestro futuro común” o Reporte Brundtland, dado a conocer en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, define al desarrollo

sustentable como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Aunque esta definición no es la única y pueda parecer ambigua al supeditarse al término “necesidades”, este concepto sirve como base para una precisión más sistemática, integral y operativa de la noción de desarrollo sustentable. En este sentido, una tecnología sustentable se puede definir entonces como un sistema tecnológico que favorece a las condiciones de sustentabilidad en el desarrollo de una sociedad. Estas explicaciones son importantes a la hora de diferenciar las concepciones de energía sustentable, renovable y alternativa. En particular, en el caso de la energía sustentable como tecnología, “la sustentabilidad está basada tanto en el modo de generación, el patrón de negocios de la industria energética, el modo de distribución, y los usos. Para determinar si una tecnología energética es sustentable es importante observar si cumple con criterios de sustentabilidad social, económica, ambiental y tecnológica, tanto en la generación como en el consumo”.

OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO

Dada la inexistencia de minas de hidrógeno, su obtención se logra por medio de hidrocarburos o agua, y en ambas modalidades se requiere invertir energía. Dichas técnicas son muy populares y comunes y, dependiendo de la metodología utilizada puede ser más o menos costoso el proceso de manufactura, aun cuando actualmente se adelantan diversas investigaciones en busca de simplificar aún más las formas de producción. El método químico de producción más utilizado, por ser el más económico, es la reformación del gas natural. Para los propósitos medioambientales, tal procedimiento es inadecuado por la emisión de contaminantes. Además, está la cuestión de la finitud de los hidrocarburos, condición que limita en el tiempo la fabricación industrial del hidrógeno. La electrólisis a partir del agua es el otro modo de obtención de hidrógeno, más costoso, por ahora, pero significativamente más apropiado para los fines ambientales y para la democratización del recurso. El método de electrólisis consiste en pasar una corriente eléctrica por agua para separar el oxígeno y el hidrógeno de las moléculas de agua (H_2O). En tal sentido, se demanda emplear ciertas cantidades de energía eléctrica previamente generada, (El Troudi, H, 2018).

PRODUCCIÓN ELECTROLÍTICA DE HIDRÓGENO

La electrólisis de agua, es una de las técnicas más limpias para la obtención de hidrógeno. Consiste básicamente en la descomposición del agua en sus componentes básicos, hidrógeno y oxígeno, llevada a cabo con la inversión de una cierta cantidad de energía eléctrica. El primer principio de la termodinámica establece que con la reutilización del hidrógeno obtenido en una CC, se recuperará una cantidad de energía menor a la invertida. Para que el sistema integral sea sustentable y viable económicamente, lo más racional es que la energía eléctrica invertida en un electrolizador sea de origen renovable. Para descomponer el agua a 25°C, se requiere una energía de 285,83 MJ/kmol. Esta última es su entalpía de formación, de la cual 237,19 MJ/kmol corresponden al trabajo eléctrico mientras el resto la recibe en forma de calor. Un electrolizador está constituido por un ánodo (electrodo negativo donde ocurre la reacción de oxidación), un cátodo (electrodo donde ocurre la reacción de reducción) y un electrolito a través del cual migran los iones, (El Troudi, H, 2018).

MOTOR STIRLING

Lozada, G, 2009, define la máquina Stirling como aquel dispositivo que convierte una diferencia de temperatura (ΔT) en trabajo, o viceversa, a través de un ciclo termodinámico regenerativo, con compresión y expansión cíclicas del fluido de trabajo, operando dicho fluido entre dos temperaturas, la del foco caliente y la del foco frío.

La modelización del ciclo termodinámico del motor Stirling siempre parte de la base de que las evoluciones asociadas a la variación de volumen se realiza de modo isotérmico, de modo que durante la expansión se produce la introducción de calor del ciclo y durante la compresión se produce la extracción. Este hecho permite que el fluido motor, una vez se haya expandido, permanece a la misma temperatura que antes de la expansión, lo que permite la introducción del concepto de regenerador. Al operar el fluido entre dos focos a distintas temperaturas, uno caliente y uno frío, se cumple que el calor asociado a su enfriamiento es el mismo que el asociado a su calentamiento, lo que permite introducir un elemento que almacene el calor cuando una vez expandido el fluido debe operar a temperatura baja, para después de la compresión volver a absorber dicho calor para pasar a la cámara caliente donde se expandirá, (Mora, J y Sánchez, W, 2014).

SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA STIRLING

Un sistema de disco parabólico-ciclo Stirling consta de un colector puntual, con un motor de combustión externa tipo Stirling ubicado en su foco. El colector realiza seguimiento solar continuado, de manera que los rayos solares son reflejados en su foco (receptor), obteniéndose varias decenas de kW (aporte energético). El motor Stirling lleva acoplado un alternador, de manera que dentro de un mismo bloque situado en el foco del colector se realiza la conversión termodinámica de la energía luminosa en electricidad que se puede inyectar en la red eléctrica o bien destinarla a consumo directo en alguna aplicación próxima al lugar de emplazamiento, (Lozada, G, 2009).

Procedimientos metodológicos. Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales del Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo de la Universidad Nacional Experimental Libertador en Venezuela, la naturaleza de la investigación se enmarca dentro de la metodología de Proyecto Factible ya que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta o modelo operativo viable para solucionar requerimientos o necesidades tecnológicas de tipo energético ambiental. Este diseño propuesto se apoya en las modalidades de investigación documental y la investigación de campo, para la producción de hidrogeno limpio. En tal sentido, y de manera general se plantea el siguiente procedimiento:

El sistema estará compuesto por; un concentrador solar del tipo parabólico o puntual que constara de una parábola con un radio de apertura de 4m y una distancia focal de 1.5 m, montada sobre una base de doble eje, de 2 m de altura, provista de un sistema de seguimiento solar ya sea de tiempo ajustable o por sensores. En cuyo foco se colocará el motor Stirling acoplado a un generador eléctrico o alternador para conseguir una corriente eléctrica. La electricidad generada se utilizará para realizar electrolisis del agua en el prototipo de electrolizador tipo PEM de baja potencia y elevada presión, previamente calentado, por el exceso de energía solar de la parábola, mediante conductores de calor, para obtener hidrogeno y oxígeno y luego se almacenaran en tanques, según los resultados del diseño del subsistema de almacenamiento de hidrogeno, analizados mediante la investigación documental. Los resultados para la determinación de la eficiencia y la factibilidad del sistema se realizarán según análisis comparativo.

Cronograma.

	PERIODOS: 48 MESES, 4 AÑOS			
ACTIVIDADES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
DISEÑO SUB SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA				
MODELO DE ELECTROLIZADOR				
DISEÑO DE SUB SISTEMA DE ALMACENAMIENTO				
EVALUAR EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD				
PROPUESTA DEL CONSEJO NACIONAL DEL HIDROGENO				
DEFENSA DE TESIS DOCTORAL				

Referencias bibliográficas.

BP Statistical Review of World Energy. [Página web en línea]. Disponible: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> [Consulta: 2019 Junio, 23].

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU. (1987). Reporte Brundtland. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE LECTURE 1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf> [Consulta: 2019, Junio 24].

El Troudi, H. (2018). La Revolución del Hidrogeno ha Comenzado. [Documento en línea]. Disponible: <https://www.aporrea.org/tecno/a269709.html> [Consulta: 2019, Junio 24].

Intergovernmental Panel on Climate Change. [Página web en línea]. Disponible: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> [Consulta: 2019, Junio 23].

International Energy Agency. [Página web en línea]. Disponible: <https://www.iea.org/> [Consulta: 2019 Junio, 23].

Lozada, G. (2009). Análisis de un sistema de disco parabólico con motor Stirling. [Documento en línea]. Trabajo de grado no publicado. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. Disponible: <https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7869/Proyecto%20Dish%20Stirling.pdf;jsessionid=3BC49B4BE663F2E47103F7585D6547B9?sequence=1> [Consulta: 2019, Junio 29].

Mora, J y Sánchez, w. (2014). Diseño y construcción de un motor Stirling tipo beta didáctico de 100 W de potencia accionado con GLP con fines de observación y análisis para el AEIRNNR de la UNL, en la carrera de Ingeniería Electromecánica. Trabajo de grado no publicado. Universidad Nacional de Loja. Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables. Disponible: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11947/1/Mora%20Paladinez,%20Jimm%20Fernando,%20S%C3%A1nchez%20Poma,%20Walter%20Fernando.pdf> [Consulta: 2019, Junio, 29].

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. (2006). Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas: Autor.