



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O DE FIN DE
CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO)
INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

TEMA:

**ANALISIS DE LA PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Autores:

**ROMAN PADILLA BRYAN MAURICIO
AREVALO CORDOVILLA BRAULIO CHRISTIAN**

Acompañante:

ING. MUÑOZ SALCEDO JOSE MARTIN

**Milagro, MAYO 2018
ECUADOR**

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.
Fabricio Guevara Viejó, PhD.
RECTOR
Universidad Estatal de Milagro
Presente.

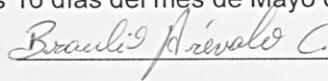
Yo, **BRYAN MAURICIO ROMAN PADILLA, BRAULIO CHRISTIAN AREVALO CORDOVILLA** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática **ANALISIS DE LA PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA** del Grupo de Investigación **PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O DE FIN DE CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO) INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.


Firma del Estudiante
BRYAN MAURICIO ROMAN PADILLA
CI: 092818854-9

Milagro, a los 16 días del mes de Mayo de 2018


Firma del Estudiante
BRAULIO CHRISTIAN AREVALO CORDOVILLA
CI: 092450369-1

APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Yo, **JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO** en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo), elaborado por el estudiante **BRYAN MAURICIO ROMAN PADILLA Y BRAULIO CHRISTIAN AREVALO CORDOVILLA**, cuyo título es **ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**, que aporta a la Línea de Investigación DOCUMENTAL previo a la obtención del Grado INGENIERO INDUSTRIAL; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo) de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 16 días del mes de Mayo de 2018.



JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO
Tutor
C.I.: 0104226725

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO (PRESIDENTE)

HAYDELBA TRINIDAD D ARMA REGNAULT (DELEGADA)

JOSE LUIS SAQUINAULA BRITO (SECRETARIO)

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **INGENIERO INDUSTRIAL** presentado por el /la señor (a/ita) **BRYAN MAURICIO ROMAN PADILLA**

Con el título: **ANALISIS DE LA PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

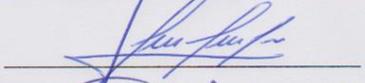
Investigación documental	[73]
Defensa oral	[17]
Total	[90]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado)

aprobado

Fecha: 16 de Mayo de 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO	
Secretario /a	JOSE LUIS SAQUINAULA BRITO	
Integrante	HAYDELBA TRINIDAD D ARMA REGNAULT	

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO (PRESIDENTE)

HAYDELBA TRINIDAD D ARMA REGNAULT (DELEGADA)

JOSE LUIS SAQUINAULA BRITO (SECRETARIO)

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **INGENIERO INDUSTRIAL** presentado por el /la señor (a/ita) **BRAULIO CHRISTIAN AREVALO CORDOVILLA**

Con el título: **ANALISIS DE LA PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

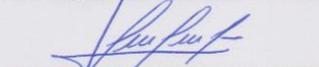
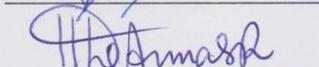
Investigación documental	[72.33]
Defensa oral	[17, 33]
Total	[89,67]

Emito el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado)

aprobado

Fecha: 16 de Mayo de 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO	
Secretario /a	JOSE LUIS SAQUINAULA BRITO	
Integrante	HAYDELBA TRINIDAD D ARMA REGNAULT	

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, porque sin su presencia y su guía, mi vida no sería nada, por la fuerza que siempre me dio para poder salir adelante.

A mi familia entera que ha estado pendiente de mí y de mi progreso y siempre ha estado para darme una mano cuando la necesite.

A mis abuelos y tíos que de una u otra manera siempre me dieron fuerzas y apoyo.

A mi niña que a pesar de la distancia, siempre está a mi lado para levantarme.

A mis compañeros, hermanos que me acompañaron durante el viaje.

Bryan Roman

Se lo dedico a Dios, porque sus fuerzas y su inmenso amor no me faltaron a lo largo de la carrera.

A mis padres, quienes no me han faltado y su apoyo me ha sabido sostener a lo largo de mi vida.

A mis hermanos, mi esposa y especialmente a mi hijo, porque de forma directa o indirecta han intervenido para que yo logre cumplir con mi meta.

Braulio Arévalo

AGRADECIMIENTO

En primera instancia a Dios, por su inmenso amor y por qué solo por su voluntad hoy estoy aquí, por darme el valor de tomar las mejores decisiones que me llevan a conseguir ser un profesional, a mis padres, abuelos, mi novia, tíos y tías, hermanos y jefes de trabajo que de manera directa o indirecta, brindándome su amor y apoyo incondicional, logro mi sueño, el sueño de mis padres.

A la Universidad Estatal de Milagro, y a cada uno de mis docentes que me formaron como persona y como profesional, a mi compañero por la colaboración en el presente trabajo, nuestro tutor el cual inyecto entusiasmo para lograr la culminación del mismo.

Bryan Roman

Ante todo agradezco a Dios por haberme dado las fuerzas necesarias, por brindarme sabiduría y energía para culminar con éxito mi carrera.

A mis padres quienes fueron el pilar fundamental en este proceso, a mis hermanos los cuales han estado cerca cuando los necesito.

Braulio Arévalo

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL ..	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	16
La razón de ser del hidrogeno.....	18
Producción de hidrogeno.....	19
Producción de hidrogeno mediante energía solar	24
Energía solar fotovoltaica en ecuador	26
Atlas solar del Ecuador	27
El hidrogeno promueve un desarrollo sostenible y sustentable económicamente	30
Costos de tecnologías renovables innovadoras como la solar fotovoltaica.....	31
El hidrogeno en la Industria.....	32
Usos convencionales del hidrogeno en la industria	34
Hidrogeno y Pilas de Combustible para Cogeneración.....	35
Propuesta de un sistema integrado generador de hidrógeno mediante energía solar fotovoltaica.....	36
METODOLOGÍA.....	39
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Economía del hidrógeno	18
Ilustración 2 El hidrógeno en números	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 3 Métodos de producción del hidrógeno	20
Ilustración 4 Electrolisis	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 5 Entradas y salidas del proceso de producción de hidrógeno mediante reformado de vapor	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 6 Planta de Gasificación de Carbón	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 7 Métodos de Almacenamiento del hidrógeno	23
Ilustración 8 Rutas del aprovechamiento del hidrógeno	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 9 Insolación Global de Mayo (CONELEC, 2008)	29
Ilustración 10 Insolación Global de Septiembre (CONELEC, 2008)	29
Ilustración 11 Insolación alrededor de Milagro (CONELEC, 2008)	30
Ilustración 12 Vehículo con celda de combustible (Badía, n.d.)	35

PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

RESUMEN

El Sistema Energético: Hidrógeno a partir de energía Solar, constituye un sistema cuya fuente primaria es la energía solar, directa o indirecta, seguida del vector energético hidrógeno. En los últimos años, se supone como la mejor opción para integrar en el mediano y sustituir en el largo plazo, al ya conocido sistema energético que se basa en derivados de petróleo entre otros visiblemente contaminantes. Este trabajo se desarrolla en esa visión, que tiene como objetivo identificar y estudiar los factores que influyen en el desarrollo de este sistema Energético limpio en nuestro país el Ecuador, a partir de una investigación documental basada en la revisión bibliográfica de varios artículos, tesis entre otros. Se obtiene que gran parte del Ecuador dispone de grandes y aprovechables fuentes de energías renovables que harían posible y atrayente económicamente la implantación del vector Hidrógeno producido a partir de energía Solar, tanto por su potencial como por su presencia en el cambio de la matriz energética y costos de este sistema. Varios proyectos en Europa indican que la energización rural, así como la aplicación industrial y el transporte urbano constituyen nichos de oportunidad para la inclusión del este sistema energético limpio. No obstante se reportan muros: poca investigación, un minúsculo talento humano formado y competente para manejar y desarrollar esta tecnología, debido a una débil formación en esta y poco interés de parte de nuestro gobierno por incentivar el desarrollo del sistema. Se concluye que con el trabajo en equipo de universidades, la industria privada, bajo las garantías del estado, y con las previsiones pertinentes se logrará que este vector energético, nos lleve hacia el desarrollo de la nación por caminos sostenibles y sustentables.

PALABRAS CLAVE: Energías Renovables, Producción de Hidrogeno, Sistema Energético Limpio, Vector Energético.

PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

ABSTRACT

The Energy System: Hydrogen from solar energy, is a system whose primary source is solar energy, direct or indirect, followed by the hydrogen energy vector. In recent years, it is supposed to be the best option to integrate into the medium and replace in the long term, the already known energy system that is based on petroleum derivatives, among other visibly pollutants. This work is developed in this vision, which aims to identify and study the factors that influence the development of this clean energy system in our country of Ecuador, based on a documentary research based on the bibliographic review of several articles, thesis between others. It is obtained that much of Ecuador has large and usable sources of renewable energy that would make possible and economically attractive the implementation of the vector Hydrogen produced from solar energy, both for its potential and for its presence in the change of the energy matrix and costs of this system. Several projects in Europe indicate that rural energization, as well as industrial application and urban transport are niches of opportunity for the inclusion of this clean energy system. However, walls are reported: little research, a tiny human talent trained and competent to manage and develop this technology, due to weak training in this and little interest on the part of our government to encourage the development of the system. It is concluded that with the team work of universities, private industry, under the guarantees of the state, and with the pertinent forecasts will be achieved that this energy vector, leads us towards the development of the nation through sustainable paths.

KEY WORDS: Renewable Energies, Production of Hydrogen, Clean Energy System, Energy Vectors.

INTRODUCCIÓN

La sociedad industrializada actual se enfrenta al problema de la correcta utilización de los recursos energéticos. El acceso a la energía a medida que pasa el tiempo se vuelve una mayor preocupación para los países en vías de desarrollo, no se ha encontrado como resolver el gran problema de garantizar un suministro energético a los habitantes en nuestro país, ni mucho menos a las demandas futuras frente a un incremento de población eminente, nivel de desarrollo, los cuales se prevén en los próximos años.

Siendo así, como garantizar energía sostenible es una preocupación constante de nuestros líderes en Sudamérica y Centroamérica.

El garantizar que se reduzcan los efectos que tiene el sector energético sobre el medio ambiente es de gran preocupación para los gobernantes del planeta y la sociedad en general. Sin embargo esta preocupación se ve poco atendida debido a la falta de interés con respecto a los compromisos enmarcados (protocolo de Kioto) que fueron asumidos gubernamentalmente.

Ya estudios anteriores a nivel mundial reconocen que el sistema energético actual consta con una insostenibilidad evidente, la negativa interacción que tiene este sobre el medio ambiente, así como también los limitados recursos energéticos de los que se alimentan estas fuentes de energía primaria: Principalmente combustibles fósiles.(Caroca, 2015)

Estos combustibles en el Ecuador la historia los condena como poco amigables con el medio ambiente, caso palpable es “La mano sucia de Chevron” en nuestra hermosa y diversa Región Oriental o Amazónica. En la última década, la conciencia política y social acerca de la influencia de esta problemática en el ambiente se ha elaborado planes de ámbito nacional para el control en la explotación y uso del mismo:(SENPLADES, 2013)

- Objetivo 7.7 del PNBV Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental
- Objetivo 7.11 del PNBV Promover la consolidación de la Iniciativa Yasuní-ITT

En los últimos años ha emergido con fuerza lo que podemos llamar un nuevo vector energético: El Hidrogeno.

En España y varios países de Europa los recursos invertidos en investigación ligada a la producción, almacenamiento y sobre todo, utilización en pilas de combustible han ascendido espectacularmente en la última década. En la actualidad el hidrogeno figura como objetivo prioritario en el III Programa Marco Investigación e Innovación de la U.E. Se hace preciso destacar el documento High Level Group de Hidrogeno y pilas de Combustibles de la Unión Europea, presentada por tres Comisarios de la U.E y el secretario de energía de USA. En la cual se detalla la hoja de ruta a seguir para la implementación de esta tecnología.(Prodi, 2004)

Existen razones que nos impulsan a presentar el siguiente trabajo de investigación considerando al hidrógeno como vector energético, las resumimos a continuación:

- Solo en casos muy específicos se requieren el uso de nuevas tecnologías al momento de producir, transportar, almacenaje y uso de Hidrogeno.
- Fácil complementación con la energía Eléctrica.
- También la factible integración con fuentes de energía renovables como la eólica y la solar fotovoltaica.
- Cero efecto invernadero, gracias a que de la utilización energética del Hidrogeno solo produce agua.

La sensibilización en cuestiones energéticas y ambientales, ligada a una apuesta a favor del desarrollo del país, del hidrogeno como vector energético en la industria Ecuatoriana propicia este trabajo de crítica y propuesta.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo entero el efecto invernadero y los problemas ambientales se vienen tornando poco llevaderos, por este motivo ya en el viejo continente y países desarrollados como los Estados Unidos, hace ya más de una década vienen apostando a las energías renovables y a vectores energéticos más amigables con nuestro entorno, sin embargo el países menos desarrollados como el nuestro aún se utilizan estos poco amigables medios generadores de energía.

En nuestra región beneficiada directamente por el sol, siendo casi perpendicular a la radiación que recibe, tenemos los recursos y el capital humano para empezar a producir energía limpia, nos limita el recurso tecnológico que al primer mundo le favorece al producirlos, la industria ecuatoriana aún se limita a sistemas contaminantes debido a los costos de implementación, contando ya con sistemas generadores de energía establecidos, se niegan a un cambio drástico en su constitución, sumado a esto la poca experiencia en implementación de los mismos en nuestra región.

Nuestro país recibe radiación solar invariable la mayor parte del año, teniendo un ángulo de incidencia constante, debido a situarse casi perpendicular al sol, la ventaja de volverse autosustentables para casas, edificios e industrias es ya tentativo, el incentivo del gobierno para el uso de los mismos no debe hacerse esperar reinventado así la forma de hacer energía.

OBJETIVO GENERAL

Estimar la influencia de un sistema de producción de hidrogeno mediante energía solar fotovoltaica en el medio ambiente y la economía del sector público y privado en el cantón Milagro.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar los estudios que se han realizado con anterioridad a este trabajo de investigación respecto a la producción de hidrogeno mediante los distintos modelos.
- Identificar y exponer una alternativa viable para el uso de hidrogeno en nuestra región.
- Considerar la aplicación adecuada pertinente a la producción de hidrogeno.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

"Sí, amigos míos, creo que algún día se empleará el agua como combustible, que el hidrógeno y el oxígeno de los que está formada, usados por separado o de forma conjunta, proporcionarán una fuente inagotable de luz y calor, de una intensidad de la que el carbón no es capaz [...] El agua será el carbón del futuro"
(Julio Verne, 1874)

Es la respuesta que daba el Ingeniero Cyrus Harding de la novela de Julio Verne *La Isla Misteriosa*, cuando le preguntaban acerca del sustituto del carbón, al parecer este es uno de los casos en el cual la historia termina dándole la razón a un escritor. El hidrogeno como tema en varios artículos científicos y como protagonista en congresos internacionales va tomando forma como un sustituto del petróleo, el carbón de nuestros días. Este se vuelve de gran atractivo para países en desarrollo y más en el viejo continente en el cual ya muchos países como la gran Alemania, España e Inglaterra lo empiezan a aplicar.

Tomando en cuenta investigaciones que niegan al hidrogeno como combustible sustituto a todas esas fuentes de energía primaria debido a que en la actualidad se está utilizando estos combustibles para la producción del elemento, se recalca ante ello la producción de hidrogeno mediante energía solar, así como también pilas de combustible, estos que en conjunto con el hidrogeno que supone una solución importante a los problemas energéticos del mundo entero.

La generación de hidrógeno mediante energía solar fotovoltaica, funciona muy bien debido al vector energético que supone el hidrogeno, como todo vector energético puede obtenerse a base de una amplia lista de recursos naturales utilizando cualquiera de las variantes de fuentes de energía.

El hecho de que el hidrogeno puede almacenar energía le da sentido a toda la investigación, la misma capacidad de almacenar energía que no tiene la electricidad aclara lo que en nuestras mentes ya suponía como desperdicio energético y

económico, siendo así el hidrogeno complemento ideal para generadores de energía solar y la eólica. Antes de la aplicación del hidrogeno como almacén estos solo podían funcionar cuando hace sol o sopla el viento. En las horas de demanda baja ya a no se cargarían más baterías grandemente contaminantes y aparatosas sino más bien se almacenaría esta energía dentro del hidrogeno que luego sería utilizado con la ayuda de baterías de hidrogeno en casa o en los automóviles, utilizando únicamente energía limpia, convirtiendo así las energías renovables con la ayudada del hidrogeno en el verdadero sustituto del petróleo.

La transición energética no es cuestión de exclusividad, sino que promueve un desarrollo sostenible y sustentable económicamente. Esta transición energética es un promotor de la innovación que promueve el crecimiento, la prosperidad y el empleo en varios sectores. En la última década, los costos de tecnologías renovables innovadoras como la solar y la eólica han disminuido cuantiosamente en todo el mundo. A ello han ayudado de manera importante las inversiones anticipadas en investigación y desarrollo, así como el fomento de las energías renovables en el desarrollo del mercado en distintos países industrializados, con Alemania a la cabeza.(Morris & Pehnt, 2001)

La independencia energética supone una buena noticia de manera que cada barrio podría crear su propia energía y desconectarse de la red eléctrica. Una idea fehaciente también para poblaciones solitarias y grandes superficies como industrias, hospitales, hoteles, edificios públicos o urbanizaciones, que contarían con una fuente continua y segura de energía.(Asensio, Rodriguez, Sánchez, & Universidad Nacional del Nordeste - Argentina, 2011)

Toda nación, toda región o toda localidad, pueden utilizar el hidrógeno como combustible para sus industrias, hogares y transporte, lo cual empieza a entrever: los industriales más importantes del mundo anunciaban en 2012 el mercadeo de automóviles con pila de combustible para el año 2015 en Asia y para el año 2020 en Europa y América. Hyundai ha emprendido ya la venta de coches de hidrógeno (FCEV) en EEUU, Europa y Canadá; Toyota emprendió también la venta en EEUU, en 2014, y para el año 2015 emprenderá la comercialización en Europa. (Andalucía & IDEA, 2015)

La razón de ser del hidrogeno

Para iniciar, porque es un buen combustible, idóneo para proporcionar más energía por unidad de masa que ningún otro combustible conocido: 33,3 kWh por kg, frente a los 13,9 kWh del gas natural o los 12,4 kWh del petróleo, por ejemplo. Se trata asimismo de un combustible límpido a nivel local, que, cuando se emplea la combustión, lo único que genera, además de energía muy potente, es principalmente vapor de agua, librándonos, entre otras, de las manifestaciones de CO₂, el gas principal de efecto invernadero.

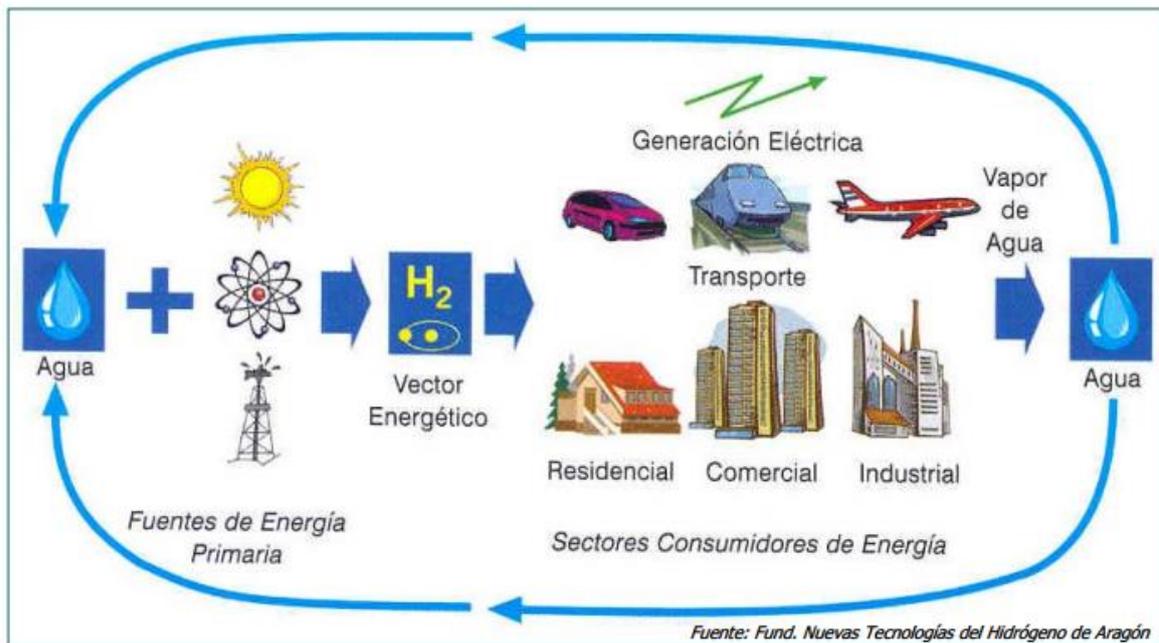


Ilustración 1 Economía del hidrógeno(Antonio Valero, Mariano Sanz, 2003)

Y en conjunto con la pila de combustible el hidrógeno es, además, un mediador energético eficiente y tan versátil como la electricidad que, conviene recalcar, este no es una fuente de energía, sino un "vector energético", que es como nombran los expertos a estas formas mediadoras de la energía, que admiten transportarla y convertirla posteriormente en otras conveniencias de energía.

Es decir se estaría utilizando al hidrogeno como almacén de la energía producida por las fuentes primarias como la Eólica y solar fotovoltaica, suavizando así los picos en las curvas de generación de energía, produciendo hidrogeno en cuanto cae la demanda energética para así poder utilizar el hidrogeno en cuanto los picos de la demanda asciendan.

El hidrógeno en números	
Densidad:	0,0899 kg/Nm³ (gas) 0,0708 kg/l (líquido)
Poder calorífico:	inferior: 120 MJ/kg superior: 141,86 MJ/kg
Límites de inflamabilidad*:	4,0 - 75,0 %
Coefficiente de difusión:	0,61 cm²/s
Límites de detonación:	18,3 - 59,0 %

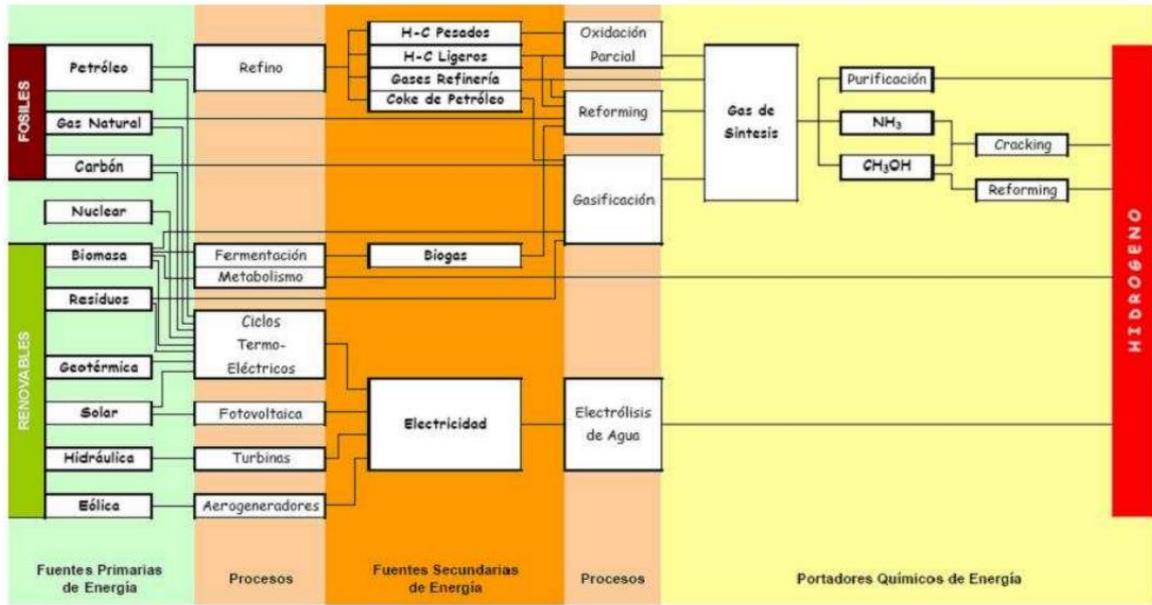
Ilustración 2 El hidrogeno en números(Asensio et al., 2011)

Producción de hidrogeno

La demanda de energía global en la actualidad está siendo abastecida en un total de 80% por los combustibles fósiles, fuentes de energía contaminante y además limitada, los expertos proveen que para el 2050 este recurso se verá agotado, en paralelo las personas cada vez son más conscientes del cambio climático provocado por estas fuentes se suponen el principal problema de contaminación de la atmosfera debido a la emisión de CO₂, se busca encontrar nuevas formas de energía ilimitadas y limpias.(Transici, Aritm, Al, Aritm, & Hart, 2006)

La producción de hidrogeno es uno de los métodos para conseguir energía limpia, dependiendo de la fuente primaria para obtenerlo, ya que también se puede obtener hidrogeno a partir de fuentes contaminantes como los son el petróleo, gas natural y carbón; entre las fuentes primarias limpias encontramos a la biomasa, residuos, geotérmica, solar, hidráulica y eólica.(Transici et al., 2006)

Vías de producción de hidrógeno



Fuente: INTA

Ilustración 3 Métodos de producción del hidrógeno (Badía, n.d.)

Los vectores energéticos del futuro deben ser limpios, eficientes, seguros, y capaces de ser producidos por fuentes de energía inagotable, pudiendo así certificar la sostenibilidad en la satisfacción de los clientes. Conociendo el vector actual de energía, la electricidad, es un vector versátil y limpio, siempre y cuando sus fuentes sean limpias. (Transici et al., 2006)

Por otro lado, si consideramos los métodos de producción, procesos en los que no se genera dióxido de carbono, se puede enumerar a: la electrolisis, claro si sus fuentes de abastecimiento de electricidad son limpias y renovables, la fotólisis del agua y los ciclos termoquímicos del agua.

- **Electrolisis:** Siendo este uno de los mejores métodos conocidos para la obtención del hidrógeno, consiste en la separación de las moléculas que constituyen el agua. (Fernández, 2005)

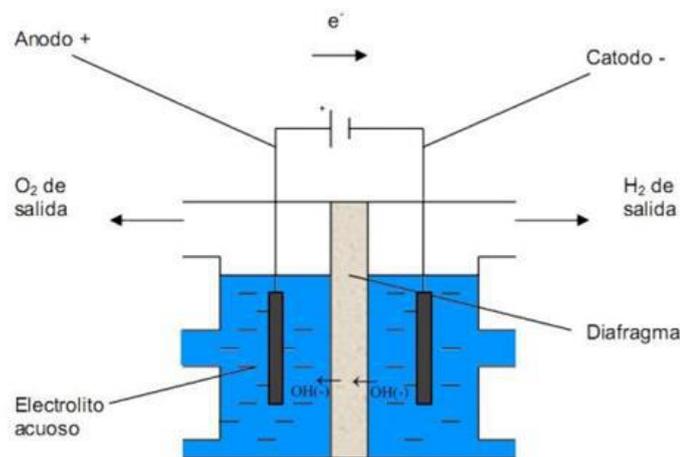


Ilustración 4 Electrolisis (González Besa, 2016)

Los electrodos del cátodo y el ánodo, se sitúan en la solución y generan el movimiento de electrones, en el ánodo se forma el oxígeno, mientras que el cátodo se forma hidrógeno, para mejorar la producción de hidrógeno u oxígeno por medio de la electrolisis, generalmente añadiendo sales, se aumenta la velocidad de reacción.

La electrolisis es muy efectiva en cantidades relativamente pequeñas.

La electrolisis nos brinda una eficiencia entre 25-40% o un poco menos si es producida por medio de energía renovable como la fotovoltaica, hidráulica y eólica.

- **Reformado de Vapor de Gas Natural:** El hidrógeno también puede ser extraído de los derivados del petróleo, como el gas natural, bajo una atmósfera de vapor, mediante un reformado de vapor, o reformado catalítico de un hidrocarburo ligero, constituyendo esta como la tecnología dominante en producción de hidrógeno sin ser necesariamente la más limpia. Necesitando este hidrógeno un proceso de purificación antes de ser utilizado más adelante por otro proceso.

Básicamente el reformado de vapor es un proceso termodinámico que consiste en hacer reaccionar el gas natural a una temperatura elevada.

Esto se realiza dentro de un reactor químico que llega a temperaturas de 800-900°C. Estas temperaturas logradas convierten a los combustibles fósiles, en el método más barato para la producción de hidrogeno, con la gran desventaja de ser contaminantes debido a emisiones de CO₂.

Otra de las desventajas es la poca pureza del hidrogeno producido, es decir este tiene que ser mejorado para poder utilizarlo frente a las exigencias de hoy en día, se requeriría costes de purificación como por ejemplo el de someterlo a bajas temperaturas y purificarlo. Lo que en el proceso mediante electrolisis nos entrega un producto netamente puro y listo para ser utilizado.(Fernández, 2005)

- **Gasificación del carbón:** La gasificación es el proceso termoquímico en el que una esencia carbonoso es transformada en un gas combustible a través de una serie de reacciones que se dan en presencia de un agente gasificaste (generalmente aire) en un ambiente pobre en oxígeno.(Bott, 2014)

Este proceso es el método más antiguo de producción de hidrogeno. Existen grandes yacimientos de carbón alrededor del mundo, este proceso de fabricación se vuelve viable si el CO₂ es capturado y utilizado para recuperar metano atrapado en minas de carbón.

Aun así es más caro producir carbón de esta manera, incluso mucho más caro que producirlo con gas natural, sin contar que las emisiones asociadas a la gasificación del carbón son muy elevadas.

Luego de ser producido el H₂, debe ser almacenado para certificar su abastecimiento en el lugar para aplicaciones estacionarias, o para su posteroo transporte y comercialización. Los métodos de almacenamiento se encasillan según el estado físico del H₂, el uso final del mismo y los volúmenes a almacenar, mostrando varios de ellos en la tabla siguiente. Los dos primeros métodos son considerablemente usados en la industria química, petroquímica y aeroespacial, mientras que los demás métodos están en otras etapas de desarrollo tecnológico y comercial. Para el uso del H₂ como vector energético, se reconoce el papel crucial de esta etapa para lograr la utilización masiva del H₂ en las diferentes divisiones de la economía, en específico en el transporte automotor; en resultado, se están haciendo enormes esfuerzos y dedicando grandes recursos humanos y financieros, no sólo por parte de los centros de investigación sino también de la industria automotriz, para lograr un desarrollo tecnológico que ayude a superar las limitaciones inherentes a las propiedades del H₂, en especial su baja densidad energética en estado gaseoso.(Posso & Sánchez, 2014)

Proceso	Estado Físico	Modo de almacenamiento	Aplicaciones
Compresión	Gas	Cavernas, cilindros, tanques	Estacionarias, móviles
Licuefacción	Líquido	Depósitos criogénicos	Estacionarias, móviles
Absorción	Gas	Hidruros metálicos, químicos	Móviles, portátiles
Adsorción	Gas	Carbón activado, nano estructuras de carbono	Móviles, portátiles
Compresión	Gas	Microesferas de vidrio	Portátiles

Ilustración 5 Métodos de Almacenamiento del hidrogeno(Posso & Sánchez, 2014)

En Europa cuando se desea transportar este hidrogeno a grandes distancias es posible utilizar un gaseoducto, al ya contar con gaseoducto para el transporte del gas natural, con muy poca inversión estas se pueden utilizar para el transporte de hidrogeno. Para lugares donde no se necesiten grandes flujos del mismo suponen una solución viable ser transportados en camiones cisterna, así como también en trenes y barcos.

Este hidrogeno ya producido tiene diferentes aplicaciones, las cuales cumplen con el propósito de poner a disposición del usuario la energía del hidrogeno, en esta etapa se transformara la energía química del hidrogeno en energía térmica, potencia eléctrica o mecánica.(Posso & Sánchez, 2014)

Producción de hidrogeno mediante energía solar

La Principal dificultad en la economía de esta tecnología es el alto coste de las células solares. No obstante, los costes están disminuyendo continuamente a medida que aumenta el desarrollo del mercado. En 2002 el mercado fotovoltaico mundial era de más de 500 MWp al año, correspondiendo a un valor de 1 billón de dólares. El desarrollo del mercado en la última década ha sido de entre 15-25 % al año y sería positivo si se lograra mantener 10-50 años, ya que el coste de la electricidad fotovoltaica caería ágilmente. (González Besa, 2016)

Las células se concentran en serie y/o en paralelo constituyendo un módulo fotovoltaico. Estas células estarán protegidas y vinculadas del exterior con otros elementos:

- **Cubierta frontal:** Con alto poder de transmisión en el rango de longitudes de onda que puedan ser usadas por una célula solar fotovoltaica y una baja reflexión del área frontal, para aprovechar al máximo la energía solar incidente. El material deberá ser duro y resistente a impactos, estable a una alta radiación ultravioleta y una baja resistividad térmica. Casi siempre se utiliza vidrio templado.
- **Cubierta posterior:** Opaca a la radiación. Suele ser una lámina delgada de algún polímero.
- **Encapsulante:** Para dar adhesión entre las células solares, las dos superficies, la frontal y la posterior del módulo. Deberá ser impermeable al agua y resistente a la fatiga térmica y la abrasión. El más usado es el EVA (etilen-vinil-acetato).
- **Distintos tipos de diodo:** Se instalan diodos de paso en paralelo en asociaciones de células en serie para impedir, dado el caso, que todos los elementos descarguen su potencia sobre una célula sombreada y ésta se estropee. A su vez también se manejan diodos de bloqueo con dos funciones, la de resguardar sistemas fotovoltaicos aislados de intensidades inversas originarias de la batería durante la noche y en ramas en paralelo, deterioradas o sombreadas, evitan las intensidades inversas.
- **Un marco y una caja de conexiones:** El grupo formado por células, cubiertas y encapsulante se enmarca en perfiles rígidos de aluminio a su vez cerrados.

La caja de conexiones suele ir en la cara posterior y en ella aparte del polo positivo y negativo se localizan los diodos de paso.

Desde el punto de vista de la elaboración aparecen en escena otra serie de componentes indispensables:

- El inversor, que tiene el trabajo de convertir la corriente continua proveniente de los módulos en corriente alterna
- El transformador, que eleva el voltaje de la corriente alterna derivada de los inversores al adecuado para su conexión a una subestación de repartición.

Este tipo de paneles producen electricidad en corriente continua y aunque su garantía depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación con respecto a la horizontal, se suelen montar instalaciones de paneles con orientación e inclinación fija, por ahorros en mantenimiento. Tanto la inclinación como la orientación, al sur, se fija dependiendo de la latitud y tratando de perfeccionar al máximo usando las recomendaciones de la norma ISO correspondiente. (González Besa, 2016)

Como requisitos necesarios para entender el efecto fotovoltaico se tienen la radiación solar y la irradiancia, las cuales se precisarán a continuación:

- Radiación solar: Proceso físico por el medio del cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz. (Valdés Barrón, Riveros Rosas, Bonifaz Alonso, & Arancibia Bulnes, 2012) según la siguiente ecuación:

$$E_{ph} = h \frac{c}{\lambda}$$

h: constante de Plank

c: velocidad de la luz

λ : longitud de onda

La radiación global se compone de tres tipos de radiación:

- Radiación solar directa: aquella que se recibe directamente del sol.
- Radiación difusa: aquella que ha sido dispersada por la atmósfera y las nubes.

- Radiación reflejada del suelo.

Irradiancia: Es el importe instantáneo que describe el flujo de radiación solar incidente en la superficie. La densidad de la radiación desde el sol a la atmósfera es 1.373 kW/m^2 , pero solo 1 es lo que llega realmente. La irradiancia mide la radiación solar tomada en una superficie dada en un tiempo dado.

Ahora se pasará a precisar el efecto fotovoltaico, el cual se define como la transformación de la radiación solar en electricidad, haciendo uso de materiales semiconductores que son capaces de absorber fotones y emitir electrones.

La materia está compuesta por átomos que tienen dos partes claramente diferenciadas, la corteza, en la que se encuentran los electrones, y el núcleo, en el que se encuentran protones y neutrones, constituyendo en total un conjunto estable y eléctricamente neutro. A los electrones del último nivel se le llaman electrones de valencia y son los que interactúan con electrones de valencia de otros átomos formando redes cristalinas.

Lewis en 1926 llamó fotones a los átomos de luz o los pequeños agrupamientos de energía. De acuerdo con esto, los rayos de luz son un flujo de energía.

Cuando los fotones de la radiación solar chocan sobre un material semiconductor, los enlaces entre sus electrones de valencia y el núcleo se rompen y quedan libres para circular por el semiconductor. Los huecos que se quedan cuando se liberan los electrones poseen carga eléctrica positiva de igual dimensión que el electrón. El hueco dejado por un electrón es ocupado por otro electrón, cuyo hueco ocupará otro electrón, y así se dará lugar al movimiento de electrones, que se hará sin que se produzca corriente eléctrica. Para que esto no ocurra se debe generar un campo eléctrico dentro del semiconductor para que los huecos y los electrones circulen en sentidos distintos y se produzca una corriente eléctrica.

Energía solar fotovoltaica en Ecuador

Ecuador está ubicado en un punto privilegiado con respecto a radiación solar, esto se debe a que la línea ecuatorial que divide nuestro planeta en dos hemisferios, lo atraviesa, siendo casi perpendicular la radiación que recoge. Asimismo, esta no se ve trastornada durante el año y se tiene un ángulo de incidencia invariable, características que dan a la energía solar fotovoltaica un gran potencial de

beneficio. Existen distintas formas de emplear la energía solar, siendo las más evidentes el calentamiento de agua, comida y la provisión de energía que produce temperaturas confortables para los seres vivos. También se la puede usar para generar electricidad, a través del uso de paneles solares fotovoltaicos. En la actualidad, estos son los más comunes y se encuentran cómodamente en el mercado a precios asequibles. Las nuevas tendencias de edificios y casas amigables con el ambiente son energéticamente autosustentables, debido al uso de estos paneles y de equipos como turbinas eólicas de baja potencia, colectores solares, entre otros que aprovechan las energías renovables. Sin embargo, se pueden acomodar estos dispositivos a edificaciones que no fueron construidas con criterios de sustentabilidad. Para ello es ineludible tomar en cuenta algunas consideraciones: en primer lugar, estar al corriente cuánta energía eléctrica se consume en la edificación donde se desea implementar la tecnología. El método más fácil es revisar la planilla de consumo eléctrico; como referencia, una familia promedio tiene un consumo estimado de 200 kWh mensuales. Después, es necesario buscar asesoría técnica para ejecutar un dimensionamiento apropiado del sistema, que estará asentado en los datos obtenidos de consumo, es decir deducir el equipo básico que se requiere para cubrir todas las demandas energéticas. Es sustancial considerar que el sistema básico para generar electricidad y aprovecharla consta de cuatro elementos: paneles solares, regulador, baterías e inversor. Si bien lo más eficiente es ubicar los paneles perpendiculares a la radiación del sol, se recomienda instalarlos con un ángulo de 5° a 15° para que resbale el agua o cualquier objeto que pueda caer. Tener sombra en una pequeña zona de un panel puede reducir ampliamente la producción de energía eléctrica de todo el sistema, por lo que es recomendable comprobar que estén despejados. En la actualidad, la eficiencia de un panel solar comercial se encuentra entre el 15% y 20%, pero se espera que mejore con el desarrollo tecnológico, generando más electricidad. La predisposición actual en el mundo es optar por energías limpias, por lo que la implementación de un sistema fotovoltaico constituye una alternativa viable para los domicilios, siempre y cuando su uso se masifique y se reduzcan sus costos. (Rodríguez, D; Arroyo, 2016)

Atlas solar del Ecuador

Promover el uso masivo de la energía solar como fuente energética es lo que ha impulsado al Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, a presentar el “Atlas

Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, el mismo que ha sido elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE.

Este excelente documento cuenta con información importante tanto para instituciones públicas y privadas, la comunidad científica y público en general, representa un esfuerzo institucional y profesional utilizando ciencia y tecnología, incluyendo una cuantificación del potencial solar disponible.(CONELEC, 2008)

En los mapas de insolación del Ecuador se pueden ver reflejadas la insolación directa, global y difusa, las cuales definimos a continuación:

Insolación directa

Es la que radiación que incide sobre cualquier superficie con un ángulo único y preciso.(Chona & Robles, 2013)

Insolación difusa

Es la parte de la radiación solar que al atravesar la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas.(GUZMÁN, 2015)

Insolación Global

La radiación global es la suma de las irradiancias directa y difusa en una superficie horizontal.(Wright, 2008)

Para el muestreo tomamos en cuenta los meses de menor y mayor nivel de radiación en el año en Ecuador, siendo mayo el mes de menor insolación con un promedio de 4276.06Wh/m²/día, y septiembre el mes de mayor insolación con un promedio de 4974.44Wh/m²/día.

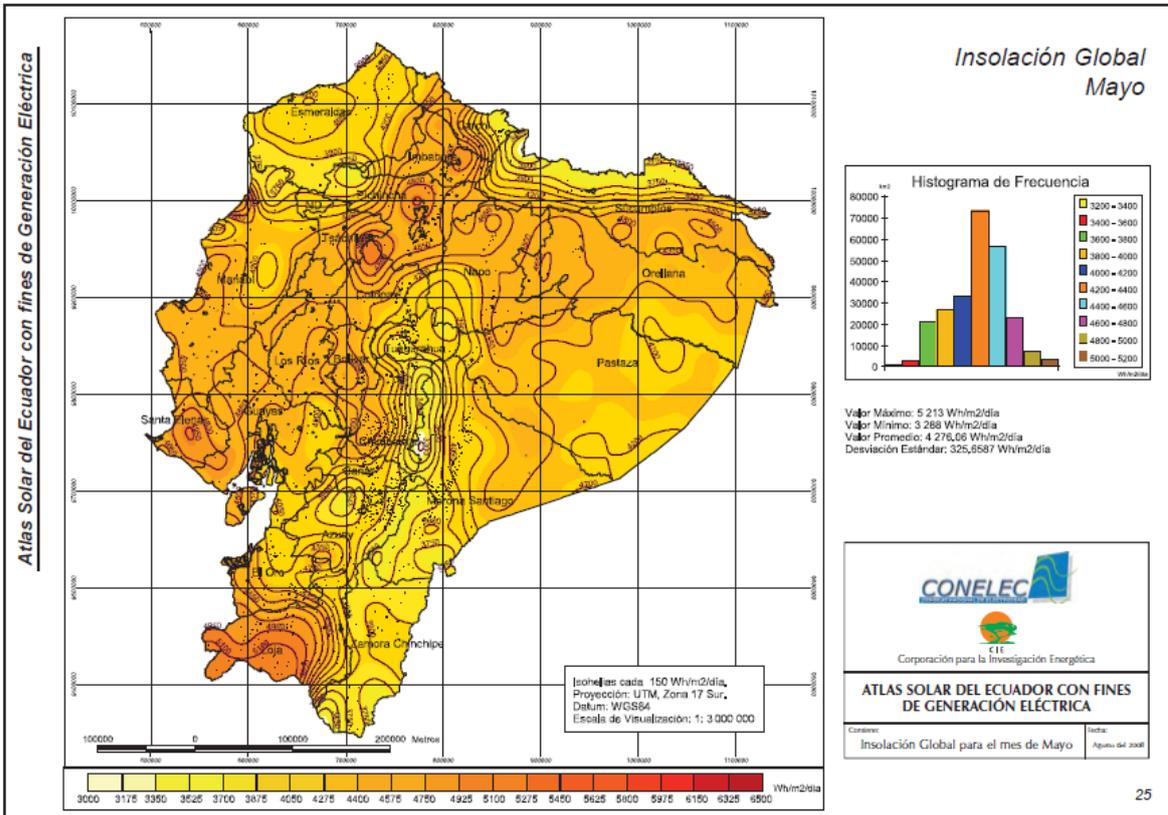


Ilustración 6 Insolación Global de Mayo (CONELEC, 2008)

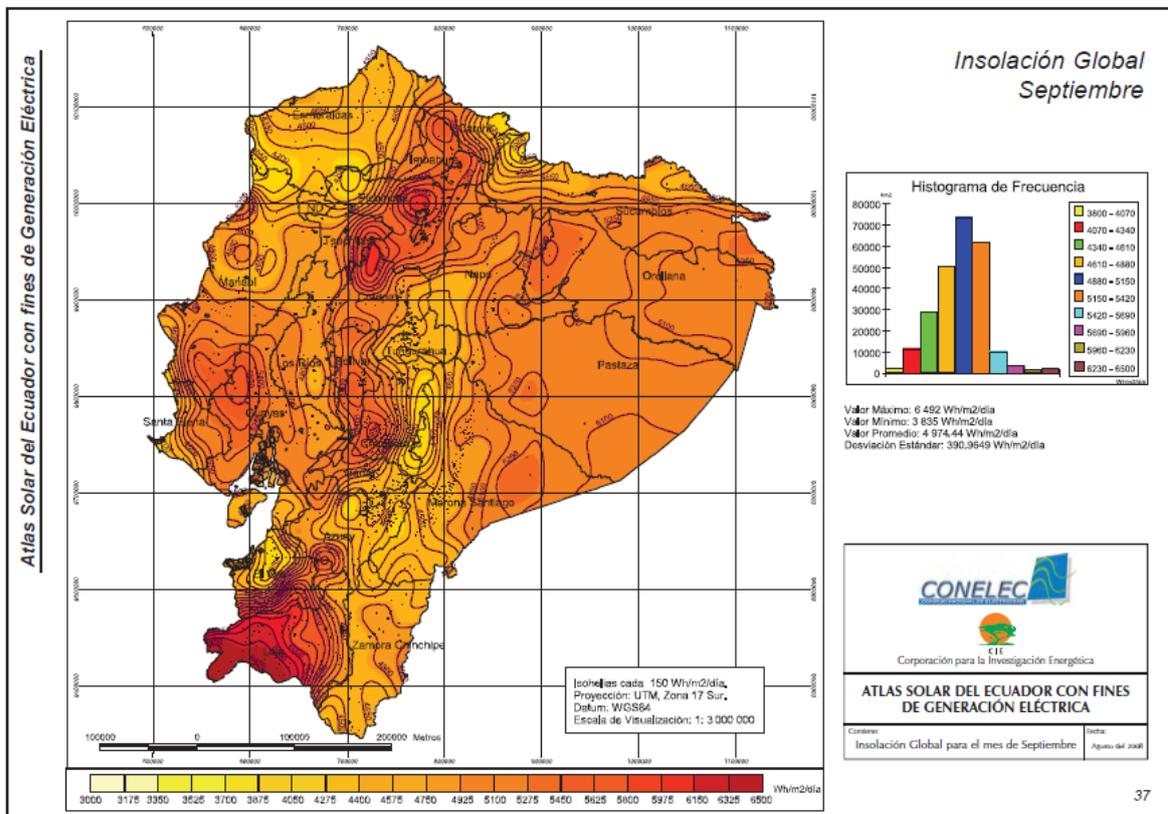


Ilustración 7 Insolación Global de Septiembre (CONELEC, 2008)

Estos promedios demuestran la factibilidad de invertir en energía solar en Ecuador, ahora bien se sabe que la energía solar es usada en hogares e industrias, siguiendo modelos extranjeros por qué no también usarlo en la producción de hidrógeno el cual puede ser utilizado como combustible limpio posteriormente.

Podemos observar que en el sector en el que se encuentra Milagro los niveles de radiación superan los 4974.44Wh/m²/día, lo que hace esta región muy factible para la implementación de paneles solares para la producción de hidrógeno, beneficiando no solo a personas naturales sino también industrias en general que un futuro cercano ven al hidrógeno como una alternativa viable.

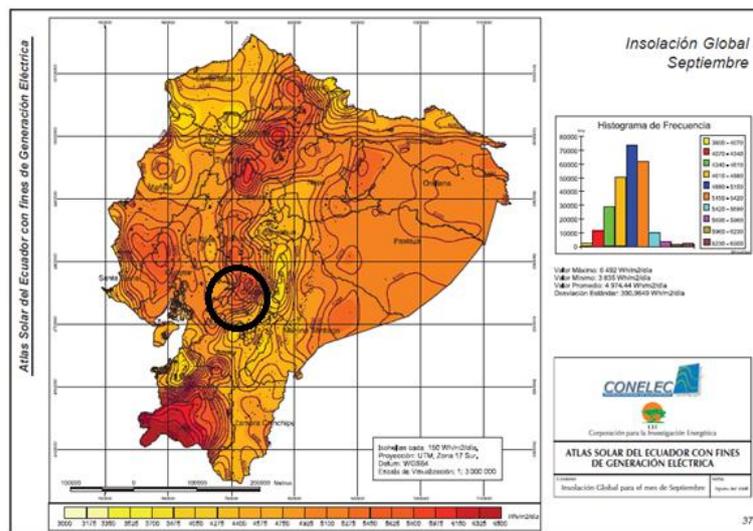


Ilustración 8 Insolación alrededor de Milagro (CONELEC, 2008)

El hidrógeno promueve un desarrollo sostenible y sustentable económicamente

La demanda de energía en el mundo ha crecido fundamentalmente en los países desarrollados debido a la industrialización y el crecimiento económico y para el año 2050 se estima de en torno a 600-1000 EJ.

Actualmente, los combustibles fósiles están abasteciendo en torno al 80 % de la demanda de energía global, pero estos combustibles basados en el petróleo están limitados a reservas para ciertas regiones del mundo muy específicas y, además, se cree que en menos de 50 años estas reservas estarán agotadas. (González Besa, 2016)

Además, las personas son cada vez más consciente del problema que suponen las emisiones de a la atmósfera y de la necesidad de encontrar nuevas formas de

energías renovables para un menor efecto en el medio ambiente. (González Besa, 2016)

Se predice que las energías renovables pasarán del 36 % al 69 % de la demanda total de energía en 2025 y 2050 respectivamente, y el hidrógeno pasará de representar el 11 % en 2025 a 34 % en 2050. Cuando la tecnología de producción de hidrógeno reciba más apoyo, el uso del combustible bajará del 40.5 % al 36.7 % en 2030.(González Besa, 2016)

Un quinto del CO₂ liberado es generado del sector del transporte, que representa alrededor del 60 % del consumo global de petróleo. Por este motivo, el cambio a la utilización de fuentes de combustible alternativas, como el biodiesel, el hidrógeno o el etanol son vitales con vistas al futuro.(González Besa, 2016)

Costos de tecnologías renovables innovadoras como la solar fotovoltaica

El costo de los paneles fotovoltaicos hoy en día es aún muy elevado, aunque la tecnología ha evolucionado mucho y cada día existe mayor competitividad y mejor calidad, lo que produce una depreciación de costos constantemente, el cual se verá reflejado posteriormente. Por esto debido a que la inversión inicial aún es muy alta, todavía varias empresas o personas naturales optan por utilizar aun las energías contaminantes.

El coste de implantación de la energía solar fotovoltaica obedece a factores como el tamaño, el tipo de tecnología y las circunstancias climáticas de la zona de incidencia del proyecto.(Guartazaca, 2014)

El hidrogeno en la Industria

El hidrogeno evoca una visión del aprovechamiento amigable y sustentable con el medio ambiente, siguiendo con la tendencia de las energías renovables con casi nula producción de CO₂ como subproducto por unidad de energía liberada, las limitaciones futuras al uso de combustibles fósiles y el hecho de la limitación que se genera al ir reduciéndose el recurso con el paso del tiempo, lo encarecerán y este tendrá que ser reemplazado por uno más barato, en ese futuro no muy lejano encajamos como solución al hidrogeno, las baterías y fuentes de energía portátiles. El hidrogeno supone por excelencia como la molécula de combustible verde, dejando como residuos de su combustión únicamente agua, siendo liberada energía mecánica como producto en la combustión interna.(Orr, Stanford, Ramakrishnan, Roulet, & Stout, 2005)

Las aplicaciones estacionarias mediante pila de combustible están en continuo crecimiento y desarrollo en los últimos años, pudiendo dividirse en dos tipologías principalmente: aplicaciones de gran potencia (centenares de kilovatios (kW) y megavatios (MW)) y aplicaciones de pequeña potencia (alcanzando las decenas de kilovatios).(Desarrollo & Aragón., 2016)

Las principales aplicaciones del vector hidrogeno se puede encaminar dentro de 3 grandes grupos:

- **Aplicaciones estacionarias:**

- Generación eléctrica distribuida y cogeneración.

- **Aplicaciones móviles:**

- Motores de vehículos transporte terrestre, marítimo y aéreo.

- **Aplicaciones portátiles:**

- Fuente de alimentación para teléfonos móviles y ordenadores.

Aplicaciones estacionarias

Generación eléctrica distribuida: Nos podemos centrar en la aplicación en la industrial del sistema convencional de comercialización de energía formado por grandes centrales y extensas redes de transporte, la generación eléctrica distribuida consiste en disponer de múltiples plantas de pequeño tamaño (<30MW) instaladas en las propias zona, junto a los puntos de consumo.(Antonio Valero, Mariano Sanz, 2003)

Las principales ventajas de la generación distribuida son:

- Buena mezcla con energías renovables, pilas de combustible, y micro turbinas de gas, resultando así ventajosa para el medioambiente.
- Costos menores en la instalación y distribución.
- Reducción de los desgastes de las líneas de transporte y aumento de la eficiencia.
- Complemento y apoyo a la generación centralizada, mejorando la calidad del suministro.

Utilizando células de combustible en la generación de electricidad estacionaria, tanto en el uso doméstico como en grandes plantas, combinando la generación de electricidad y confort (calefacción o aire acondicionado) en los edificios. Estas células proveen una alta eficiencia, bajas emisiones y generación de energía en un amplio rango de tamaños. En Estados Unidos estas celdas están siendo utilizadas para general energía a hospitales y bases militares.(Badía, n.d.)



Ilustración 9 Pila de Combustible Estacionaria(Badía, n.d.)

Usos convencionales del hidrogeno en la industria

El hidrogeno siendo una molécula muy versátil, es posible emplearlo en un gran número de formas y usos tan diversos como la industria química, metalurgia, vidrio o electrónica, y más.

En la industria química

El hidrógeno es un compuesto de gran interés para la industria química, participando en reacciones de adición en procesos de hidrogenación o como agente reductor en procesos de reducción, entre los más importantes figuran: síntesis de amoniaco, procesos de refinería, tratamiento de Carbón, síntesis orgánica e inorgánica, entre otros.(San Miguel, Dufour, Calles, & Botas, 2006)

En la industria metalúrgica

El hidrógeno se utiliza como agente reductor y en métodos de producción de otros metales no-férricos (como por ejemplo cobre, níquel, cobalto, molibdeno, uranio, etc.).

Además de los usos industriales del hidrogeno, que son los de mayor uso, cabe citar otros usos como lo son el uso de combustible aeroespacial, llamas de alta temperatura utilizada para hacer cortes en valores cercanos a los 3500 K, plasma de hidrogeno, procesamiento de metales, producción de semiconductores, usándolo también en estado líquido como refrigerante, así como gas portador, entre otros usos.(San Miguel et al., 2006)

Usos energéticos

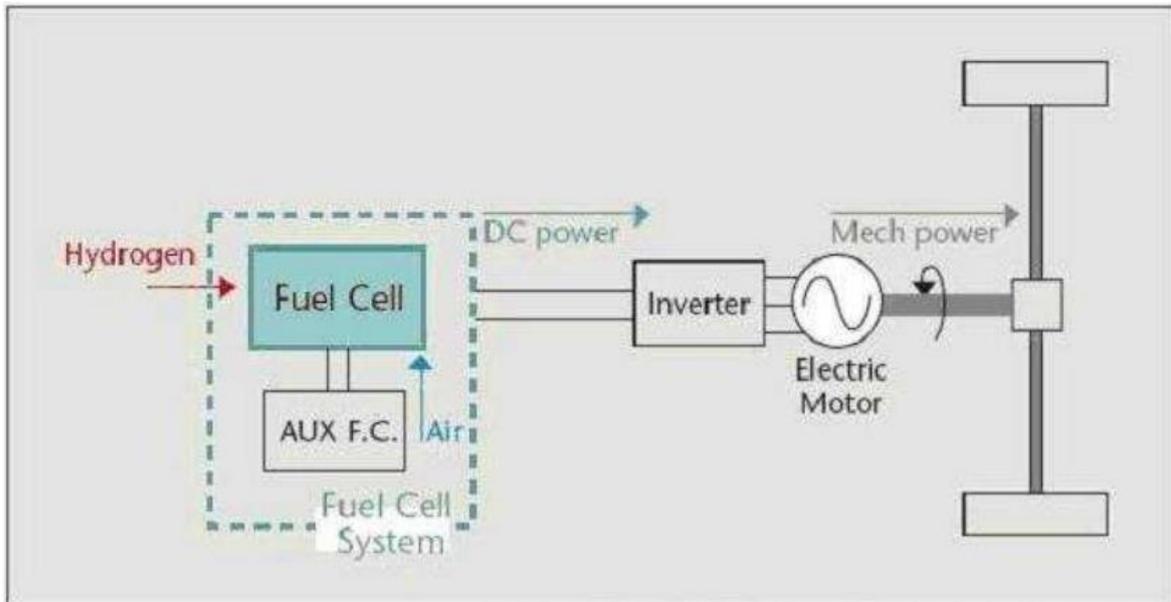
El hidrogeno puede generar energía eléctrica quemándose directamente en turbinas de gas y ciclos combinados o directamente como combustible de motores de combustión interna, se debe tener cuidado en su adecuada utilización ya que este genera altas temperaturas en su combustión, sin embargo representa un combustible muy limpio generando en la combustión únicamente vapor de agua.(San Miguel et al., 2006)

Usos en el sector transporte

El hidrogeno puede ser utilizado directamente con pequeñas modificaciones en motores de combustión interna, suponiendo una mejora significativa de eficiencia

en los mismos, los vehículos también pueden ser movidos por pilas de combustible que transformando energía química en energía eléctrica acciona motores eléctricos que convierten la electricidad en energía motriz.

Aunque los vehículos de pilas de combustible todavía no pueden alcanzar las prestaciones de vehículos a gasolina o diésel convencionales, tienen mucho mayor alcance que los vehículos eléctricos que solo utilizan acumuladores, además que cargar un tanque de hidrogeno es mucho más rápido que cargar durante horas un acumulador de un vehículo eléctrico.(Badía, n.d.)



Fuente: www.risoe.dk/rispubl/energy_report3/ris-r-1469_summary.pdf

Ilustración 10 Vehículo con celda de combustible (Badía, n.d.)

Hidrogeno y Pilas de Combustible para Cogeneración

Las pilas de combustible estacionarias logran ocupar el hueco entre los dispositivos de cogeneración de gran tamaño y las pequeñas calderas, ensanchando así los beneficios de la cogeneración hasta el recinto de los edificios.(García-Conde, n.d.)

El perfeccionamiento de una infraestructura de distribución de hidrógeno para el transporte beneficiará el uso del hidrógeno en pilas estacionarias, aunque estas pilas a corto plazo manejarán combustibles diferentes al hidrógeno (gas natural, gas de síntesis, biogás)(García-Conde, n.d.)

Propuesta de un sistema integrado generador de hidrógeno mediante energía solar fotovoltaica.

Esto no es imposible lograr de la noche a la mañana, no obstante tenemos los ejemplos de países más desarrollados como Alemania, España, Canadá y los Estados Unidos.

A continuación esquemas de las posibilidades de intalacion de estos sistemas generadores de energia solar fotovoltaica:

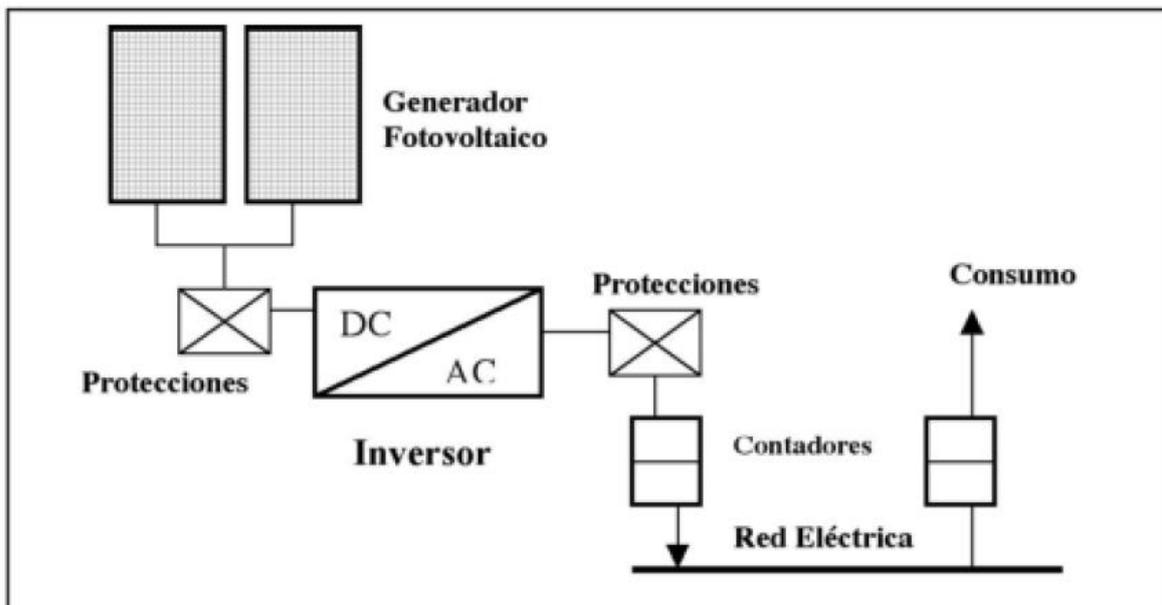


Ilustración 11 Instalaciones conectadas a la red eléctrica (Guartazaca, 2014)

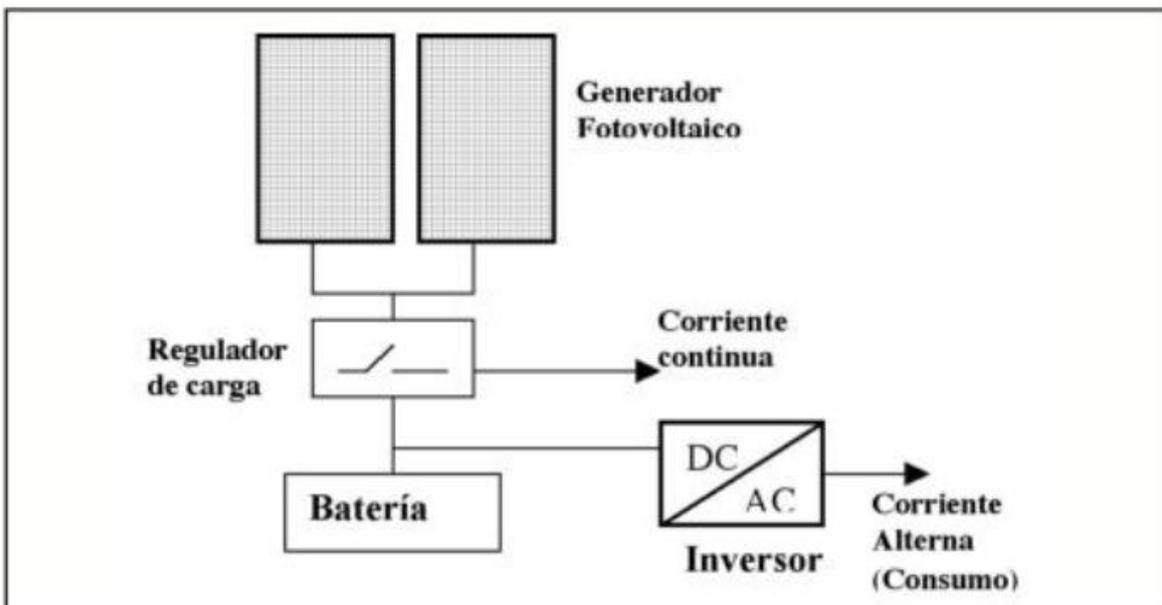


Ilustración 12 Instalacion fofoltaica aislada (Guartazaca, 2014)

Luego de conocer instalaciones fotovoltaicas veremos cómo se aplicaría a la producción de hidrógeno:

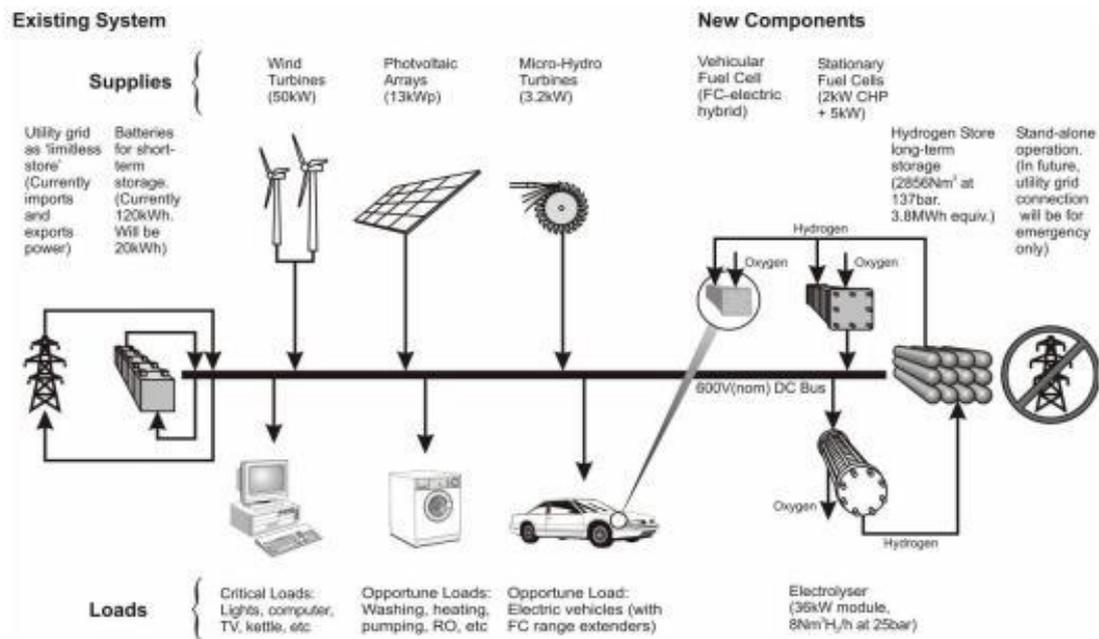


Ilustración 13 Proyecto-HARI(González Besa, 2016)

Un sistema integrado de energía renovable basado en hidrógeno, conocido como el proyecto-HARI fue instalado en la Granja de Beacon West, Leicestershire, Reino Unido. El sistema es parte de una estrategia iniciada por el propietario de la casa, Tony Marmont, para demostrar y promover la sostenibilidad, con un interés especial en las energías renovables, la conversión de la energía y el almacenamiento de ésta.(González Besa, 2016)

El proyecto antes mencionado esta complementado por todas las variantes de energías renovables y limpias, a continuación veremos la síntesis de un sistema que use solo energía solar.

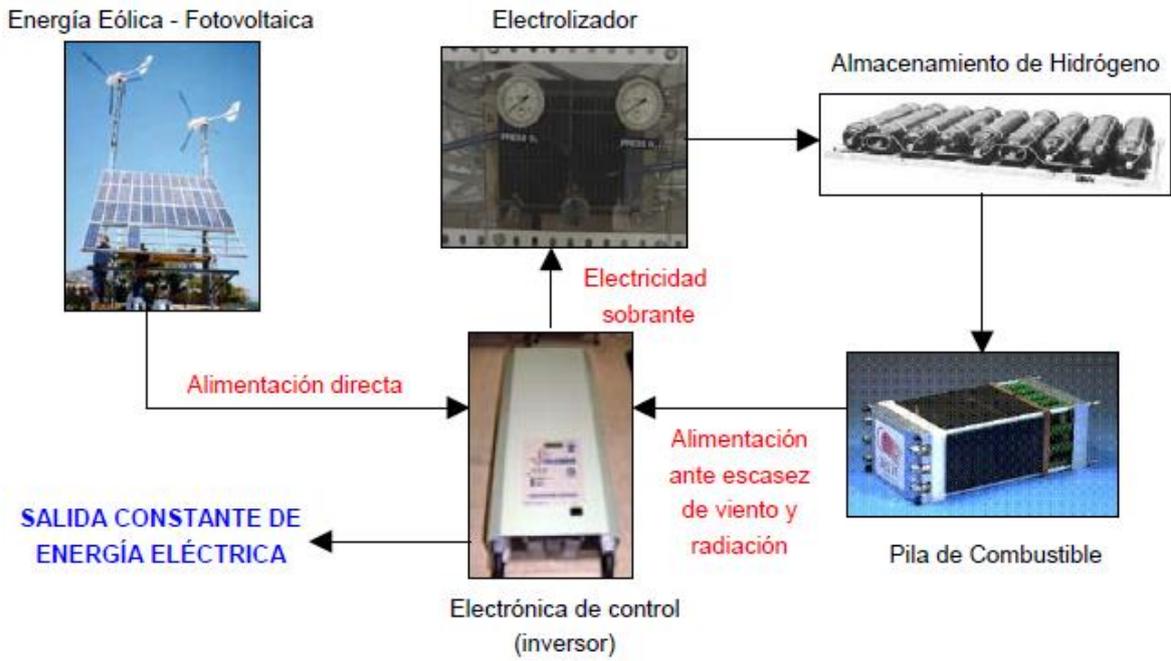


Ilustración 14 Proceso de generación de energía limpia (Antonio Valero, Mariano Sanz, 2003)

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

La metodología de estudio consiste de primera mano en una revisión de literatura y estado del arte en libros, tesis, artículos académicos, reportes institucionales internacionales y nacionales, publicaciones editoriales y revistas académicas sobre los antecedentes y la situación actual en fuentes de energía renovables. Del mismo modo, se revisa textos sobre implementación y seguimiento de proyectos implementados anteriormente ya sea dentro del país o fuera que tengan que ver con los temas de utilización de energía limpia.

De la misma manera la revisión de documentos nacionales oficiales sobre el cambio de la matriz energética del Ecuador, como el Atlas Solar del Ecuador, El Plan Nacional para el Buen Vivir, además se toma en cuenta información sobre aspectos técnicos sobre costos e impactos ambientales asociados a las distintas fuentes de energía renovables existentes en el país así como también las planificadas, recopilando datos de referentes internaciones o de la región que sean similares y de relevancia.

Concluyendo con la emisión de críticas y propuestas sobre la adopción y uso de fuentes de energías renovables en hogares e industrias públicas o privadas de la región y por qué no del país.

A continuación se describe de una forma más sencilla los movimientos ejecutados:

- **Información sobre fuentes de generación de hidrogeno**

Se realiza la investigación y análisis de los distintos métodos de producción de hidrogeno: mediante métodos convencionales como los derivados del petróleo, el carbón, gas natural, energía nuclear, y también mediante energías renovables como la energía hidráulica, geotérmica, solar y la eólica.

- **Evaluación de los distintos métodos de producción de hidrogeno**

Se estima de entre los varios métodos de producción el más beneficioso en cuanto a costos e impacto ambiental, decidiendo en este caso por la producción de hidrogeno mediante electrolisis con la ayuda de la energía solar fotovoltaica.

- **Evaluación de la radiación en el Ecuador y en milagro**

Mediante el uso del Atlas solar del Ecuador presentado por el Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC se pudo evaluar la radiación diaria y promediarla de manera mensual para así poder realizar su interpretación.

- **Interpretación de los datos y ratificación del método mencionado como factible en nuestra región**

Realizando la interpretación se pudo definir que los niveles de radiación con los que milagro cuenta son de los más idóneos para la generación de energía solar, mostrándose como sede para la implementación de módulos solares y por qué no también la producción de hidrogeno mediante electrolisis ya que la eficiencia energética de los paneles en esta región es privilegiada.

- **Medios empleados**

Atlas solar.

Atlas Eólico.

PVGIS.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

- Las fuentes de energías renovables con el paso del tiempo ganan fuerza desde que la sociedad ha empezado a tener consciencia del impacto medioambiental que las fuentes no renovables tienen.
- La producción de hidrógeno de un electrolizador alimentado por la energía generada por células fotovoltaicas supone el futuro y la sociedad poco a poco va aprendiendo sobre su uso y sus beneficios tanto ambientales y económicas a largo plazo.
- La tecnología se ha ido desarrollando drásticamente después de la aparición de los recursos fotovoltaicos y la masificación de la producción de los mismos lleva a que el costo de producir sea menor, volviéndose atractivo con el paso del tiempo.
- Aunque la energía solar es la fuente de energía más grandiosa del planeta, menos del 0,06 % de la demanda global de electricidad es copada por energía solar.
- Se debe aumentar el número de sistemas que conforman la energía solar con los sistemas de hidrógeno, los mismos en que la energía fotovoltaica rompa moléculas de agua en oxígeno e hidrógeno, y pueda ser usado después cuando el sol no esté sobre la superficie terrestre.
- La mejora del medio ambiente es evidente ante el uso de energías renovables, el desplazamiento de la utilización de los combustibles fósiles emisores de CO₂ logra reducir los gases de efecto invernadero.
- Las antiguas instalaciones como bombas o gaseoductos con pocas modificaciones pueden ser utilizados en la distribución de hidrogeno, lo cual supone un ahorro significativo en los costos de introducir el combustible limpio al mercado.
- El hidrogeno debido a su poder calorífico si no se toman las medidas de seguridad necesarias, representa un riesgo inminente para el que lo manipule.

- Debido a que es un proyecto aún en proceso de desarrollo la investigación en cuanto a resolución de problemas como el almacenamiento, inflamación y distribución, no están totalmente resueltas.

RECOMENDACIONES

- El uso del atlas solar y PVGIS nos permite definir zonas donde la radiación es óptima para la ubicación de paneles solares.
- A medida que pasa el tiempo más personas se suman al uso de energía limpia, el compartir esa conciencia por el cuidado del medio ambiente nos beneficia a todos los habitantes del planeta.
- La actualización permanente es imprescindible, en pocos años surgen nuevas tecnologías que vuelven nuestros paneles más eficientes y más baratos.
- La implementación de sistemas de generación es costoso por lo que se deber contar con el estudio previo para la obtención del sistema adecuado para nuestra necesidad, mano de obra calificada y localización más óptima.
- El Ecuador debería aprovechar esta época previa al desarrollo para sacar provecho de la curva de aprendizaje en esta nueva tecnología, convirtiéndose así en referente de innovación en tecnología a nivel de Latinoamérica.
- En la industria la generación distribuida de la energía del hidrogeno significa una oportunidad para esta debido a las ventajas en costos en la instalación y distribución, al estar más cercas de la fuente también se reducen los desgastes de las líneas de transporte y aumento de la eficiencia mejorando la calidad de la provisión de energía.

-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andalucía, A. de I. y D. de, & IDEA. (2015). Oportunidades de la Economía del Hidrógeno para las PYME en Andalucía. *Asociación Española Del Hidrógeno*, 131. Retrieved from https://www.agenciaidea.es/c/document_library/get_file?uuid=96dbccad-8658-41c4-90a9-a01163b1bc6f&groupId=10157
- Antonio Valero, Mariano Sanz, I. Z. (2003). Hidrógeno y Pilas de Combustible : Estado de la técnica y posibilidades en Aragón. *Fundación Hidrógeno Aragón*.
- Asensio, P., Rodriguez, L. A. C., Sánchez, M. E. G., & Universidad Nacional del Nordeste - Argentina. (2011). Hidrógeno y pila de combustible. *Fundación de La Energía de La Comunidad de Madrid*, 16. Retrieved from http://ing.unne.edu.ar/pub/celdas%7B_%7Dhidrogeno.pdf%5Cnwww.todomecanica.com
- Badía, C. F. (n.d.). 3.5 Aplicaciones del Hidrógeno, 172–194.
- Bott, R. (2014). Gasificación. *Igarss 2014*, (1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Caroca, F. G. (2015). El camino de la sostenibilidad energética.
- Chona, R., & Robles, J. (2013). Diseño experimental de un sistema tradicional de panel solar de pequeña escala ubicado en la ciudad de Barranquilla, 85. Retrieved from <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/123456789/800/TMEC1133.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CONELEC. (2008). Atlas solar del ecuador. *Conelec*, 1–51. Retrieved from http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- Desarrollo, F. para el, & Aragón., de las N. T. del H. en. (2016). Plan director del hidrógeno en aragón [2016 - 2020].
- Fernandez, C. (2005). Sistema de Energía del Hidrogeno. *Energética Del Hidrogeno. Contexto, Estado aActual Y Perspectivas de Futuro*, 91–126.
- García-Conde, A. G. (n.d.). La economía del Hidrógeno, 1–19.
- González Besa, Y. (2016). PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.
- Guartazaca, P. E. B. (2014). Evaluacion De Sistemas Fotovoltaicos Con Hidroseguidores, 145.
- GUZMÁN, J. W. A. Z. Y. S. E. L. (2015). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación " ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL GOBIERNO Previa a la obtención del título : INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES Presentado por : Jonathan Wladimir.
- Julio Verne. (1874). *La Isla Misteriosa. Historia* (Vol. IV).
- Morris, C., & Pehnt, M. (2001). La Energiewende Alemana, (10), 132–151. [https://doi.org/10.1016/S0025-6196\(11\)63845-7](https://doi.org/10.1016/S0025-6196(11)63845-7)
- Orr, F. M., Stanford, U. De, Ramakrishnan, T. S., Roulet, C., & Stout, E. (2005). El hidrógeno : ¿ Un futuro portador energético ? Para muchos , el hidrógeno es el combustible limpio del futuro porque su único. *Oilfield Review*, 34–47. Retrieved from https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish05/sum05/p34_4

- Posso, F. R., & Sánchez, J. P. (2014). El desarrollo del Sistema Energético Solar-Hidrógeno en América Latina : Potencialidades , oportunidades y barreras, *5*(2), 61–79.
- Prodi, R. (2004). Una asociación tecnológica europea sólida para avanzar hacia la economía del hidrógeno.
- Rodríguez, D; Arroyo, D. (2016, July 8). Energía solar fotovoltaica en Ecuador. *EL Telegrafo*. Retrieved from <http://www.letelegrafo.com.ec/noticias/punto-de-vista/1/energia-solar-fotovoltaica-en-ecuador>
- San Miguel, G., Dufour, J., Calles, J. A., & Botas, J. A. (2006). La economía del hidrógeno. Una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI 2. Aplicaciones convencionales del hidrógeno y pilas de combustible. *Acta Científica Y Tecnológica*, *10*, 21–27.
- SENPLADES, S. N. de P. y desarrollo. (2013). Objetivo 7, Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental , territorial y global, 26. Retrieved from <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivos-nacionales-para-el-buen-vivir>
- Transici, L. A., Aritm, D. E. L. A., Al, T., Aritm, L., & Hart, K. (2006). 2. Revisión bibliográfica, (1981), 12–39. Retrieved from http://fondosdigitales.us.es/media/thesis/108/108_1595_6.pdf
- Valdés Barrón, M., Riveros Rosas, D., Bonifaz Alonso, R., & Arancibia Bulnes, C. (2012). Radiación Solar. *La Radiación Solar*, 80.
- Wright, J. (2008). Cálculo Espectral De La Irradiación Solar Directa. *Uniciencia*, 71–86. Retrieved from https://dialnet.unirioja.es/buscar/documentos?query=Dismax.DOCUMENTAL_TODO=irradiacion+solar