



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Factibilidad de la generación de hidrógeno verde en microrredes  
renovables distribuidas**

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

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

**Mendoza Ventura, Carlos Humberto (orcid.org/0000-0001-7789-627X)**

**ASESOR:**

**Dr. Salazar Mendoza Aníbal Jesús (orcid.org/0000-0003-4412-8789)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Generación, Trasmisión y Distribución**

**LÍNEA DE RESPONSABILIDA SOCIAL UNIVERSITARIA:**

**Desarrollo económico, empleo y emprendimiento**

**CHICLAYO – PERÚ**

**2022**

## DEDICATORIA

A nuestros padres, hijos y familia en general...

## **Agradecimiento**

Al padre creador por la vida y la salud.  
A nuestro docente académico por los lineamientos y  
guía metodológica en el desarrollo de la  
investigación...

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Operacionalización de variables.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo .....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de cogida de datos.....	12
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos.....	15
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
REFERENCIA.....	56
ANEXOS.....	60

## Índice de tablas

Tabla 1: Principales Obstáculos para la generación de biogás según actores claves .....	19
Tabla.2: Especificaciones técnicas de los equipos de este análisis comparativa .....	22
Tabla 3: Valores de base utilizados en los cálculos .....	23
<b>Tabla 4:</b> Primera Simulación de Pre dimensionamiento .....	28
Tabla 5: Balance Oferta- Demanda Eléctrica.....	29
Tabla 6: Mediciones día típico de primavera .....	30
Tabla 7: Resumen de datos anualizados .....	31
Tabla 8: Dimensionamiento eléctrico rural .....	32
Tabla 9: Valores del factor de comprensibilidad del hidrogeno a variadas temperaturas .....	35
Tabla 10: Valores mecanicos de las instalaciones fotovoltaicas .....	36
Tabla 11: Valores eléctricos de instalaciones .....	37
Tabla 12: Diagrama de carga de 1 a 10 módulos .....	38
Tabla 13: Nivel de reservas en el Sistema Distributivo.....	41
Tabla 14: Presupuesto de Bio Gasificadas .....	43
Tabla 15: Presupuesto de paneles Fotovoltaiicas -Modelo simple.....	44
Tabla 16:Tasa de interés de riesgo negocio .....	47
Tabla 17: Flujo de cajá de inversion .....	48

## Índice de figuras

Tabla 1: Oferta y demanda de Petróleo a nivel Mundial .....	4
Tabla.2: Producción de Hidrogeno renovable a partir de corrientes residuales .....	5
Tabla 3: Comparación del peligro Potencial de explosión y Fuego .....	8
Tabla 4: Procedimiento de investigación .....	14
Tabla 5: Variación del VAN con respecto al Costo Promedio Ponderado del Capital .....	24
Tabla 6: Valores de Evaluación Económica.....	25
Tabla 7: Costo de la Energía generada a lo largo del Proyecto .....	25
Tabla 8: Partes y fabricación de biodigestor de Cúpula fija .....	26
Tabla 9: Costos de fabricación de Biodigestores .....	27
Tabla 10: Modelamiento para el sistema de Generación y Almacenamiento .....	33
Tabla 11: Modelo del Sistema Solar Fotovoltaico Propuesto .....	34
Tabla 12: Modelo simplificado del arreglo Fotovoltaico .....	34
Tabla 13: Flujo de H2 producido en los electrolizadores .....	36
Tabla 14: Diagrama de carga en centros poblados modulo uno .....	39
Tabla 15: Diagrama de Oferta eléctrica Disponible Promedio.....	40
Tabla 16: Niveles de reservas necesarias .....	42
Tabla 17: Tasas de intereses Base (Curvas IS-LM) .....	45
Tabla 18: Tasa de riesgo país en Latinoamérica .....	46
Tabla 19: Riesgo país en el tiempo Latinoamérica .....	46

## RESUMEN

El estudio desarrollado en la siguiente investigación trata sobre la factibilidad de generación de hidrógeno verde basado en micro redes renovables distribuidas en el sector eléctrico rural en el departamento de Lambayeque, teniendo por finalidad realizar un estudio sobre la factibilidad de generación que produce el hidrógeno verde en las micro redes y con ello saber el presupuesto exacto y la cantidad de almacenamiento, cuyo propósito es reducir costos. El objetivo de esta investigación es determinar la factibilidad de la generación de hidrógeno verde en base a micro redes renovables, a su vez se determinó una serie de objetivos específicos como la determinación del arte y producción; la rentabilidad, las dimensiones de las instalaciones donde se acumulan energía y finalmente determinar el presupuesto y la viabilidad económica financiera de la acumulación de energía del hidrógeno verde en la electrificación rural. Ante un exhaustivo estudio se llegó a la conclusión que el proyecto de investigación estructurado mediante la generación de hidrógeno permite reducir costos de inversión admirable como es el costo total de 67.256 soles a comparación de los paneles solares que asciende a un costo de 117.938 soles, haciendo que la inversión en biomasa sea mucho menor que los paneles solares. En base a un periodo de vida de 10 años, tendrá una tasa de costo ponderado de capital de orden del 12 % y un valor de recupero de 0 % al final de la vida del proyecto. En pocas palabras el valor actual neto es de 688,184.49 soles y la tasa interna de retorno es de 61%.

**PALABRAS CLAVE :** Hidrogeno Verde, Hidrolisis, micro redes renovables, factibilidad.

## **ABSTRACT**

The study developed in the following investigation deals with the feasibility of generating green hydrogen based on renewable micro-grids distributed in the rural electricity sector in the department of Lambayeque, with the purpose of carrying out a study on the feasibility of generation that produces green hydrogen in micro networks and thus know the exact budget and amount of storage, whose purpose is to reduce costs. The objective of this investigation is to determine the feasibility of the generation of green hydrogen based on renewable micro networks, in turn a series of specific objectives were determined, such as the determination of art and production; the profitability, the dimensions of the facilities where energy is accumulated and finally determine the budget and the financial economic viability of the accumulation of green hydrogen energy in rural electrification. In view of an exhaustive study, it was concluded that the research project structured through the generation of hydrogen allows to reduce admirable investment costs, such as the total cost of 67,256 soles compared to solar panels, which amounts to a cost of 117,938 soles, making that the investment in biomass is much lower than the solar panels. Based on a 10-year life period, it will have a weighted cost of capital rate of around 12% and a recovery value of 0% at the end of the project's life. In a few words, the net present value is 688,184.49 soles and the internal rate of return is 61%.

**KEYWORDS:** Green Hydrogen, Hydrolysis, renewable microgrids, feasibility



## I INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen diversos problemas con relación a la utilización de energéticos para la locomoción del tipo comercial, individual, masivo e industrial, pero en ante ello existieron 2 problemas principales que son el Efecto invernadero o calentamiento del planeta tierra, y el problema del CENIT o también llamado agotamiento del petróleo y el problema con su precio, escasez y desbalances de la oferta – demanda, efecto reemplazo de combustibles, uno de los ejemplos es el petróleo que fue transformado gas licuado de petróleo, por gas natural y en estos últimos tiempos fue reemplazado por hidrogeno verde (Camac, 2020)

Anteriormente el aumento de dióxido de carbono en el medio ambiente, la cual fue analizada desde el año de 1957, por la agencia aeroespacial de los Estados Unidos de América o NASA, y que para fechas posteriores es estudiada por residuos hallados en la capa de hielo polar, que permitió determinar la concentración durante la prehistoria, generado por actividad no antrópica, incendios forestales, vulcanismo y que en la edad contemporánea, nos reflejó una concentración de carbono en el medio ambiente desde inicios de la primera revolución industrial, que se ha extendido ahora que ha iniciado la cuarta revolución industrial, (Ñahui, 2018)

En estos tiempos modernos, el desarrollo de las tecnologías renovables permitió usar el recurso solar para la electrificación rural, ahorro energético y es uno de los factores que impulsa la transición energética. A nivel mundial, se están aplicando microrredes renovables para abastecer la demanda parcial de los hogares en residencias industrias, o para llevar electricidad a las zonas aislada Las energías renovables están cambiando la matriz energética y su uso se está incrementando alrededor del mundo, esto se puede mostrar en la figura 1, la cual señala el aumento de las instalaciones fotovoltaicas de acuerdo a cada tecnología solar:

Muchos de estos sistemas de generación de energía se fueron empleadas, en su mayoría, para solucionar los problemas de las zonas aisladas, ya sea instalando sistemas PV en los techos de los hogares de la comunidad, un aerogenerador de pequeña escala, turbinas hidráulicas de bajo caudal o grandes instalaciones renovables asistidas con un sistema de acumulación de energía. El uso más

frecuente es mediante la instalación de plantas solares aisladas con grupos electrógenos, las cuales se consideran micro redes renovables, (IRENA, 2019)

En muchos países en desarrollo, como el Perú, existieron diversas regiones donde no había llegado la energía eléctrica, lo que fue un problema considerable que se veían reflejado en los reportes de electrificación de varias entidades distribuidoras de energía eléctrica. Perú, por ejemplo, tiene alrededor de 3 millones de personas que no tienen interconexión al sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN). En estos lugares, los grupos electrógenos independientes se han convertido en la vanguardia de la ayuda para proveer de electricidad. Sin embargo, también existieron muchos sistemas fotovoltaicos aislados centralizados, compuestos de paneles fotovoltaicos y baterías que proveen de electricidad a zonas de 20-40 familias, (MINEM, 2021)

En ocasiones pasadas debido a variabilidad del recurso renovable (radiación solar/eólica) ocurrieron situaciones de apagones, fluctuaciones y fallas repentinas de energía eléctrica. En estos casos, se utilizaban los grupos electrógenos para suministrar la energía faltante para las cargas o los bancos de baterías, permitiendo una estabilidad en la microrred, pero los grupos electrógenos siguen siendo contaminantes pues la mayoría empleaba el diésel para su funcionamiento y las baterías son una alternativa costosa, (Peña, 2019)

Ante esta situación, se está llevando a cabo el uso de otras alternativas de acumulación de energía para las micro redes renovables, pero para ello debemos hacer un estudio minucioso sobre la factibilidad de generación que produce el hidrógeno verde en las micro redes renovables y con ello saber el presupuesto exacto y la cantidad de almacenamiento que se va a utilizar, cuyo propósito es reducir los costos de presupuestos. Cabe recalcar que el incremento del hidrógeno como fuente de energía no es una novedad, desde hace muchos años atrás se vinieron trabajando en países desarrollados de Europa y Estados Unidos más no en los países de Sudamérica como el Perú, pero con la disminución de precios de la instalación y mantenimiento de las tecnologías renovables se ha convertido en un vector energético indispensable a futuro para su uso en transporte, industria, calefacción y energía, (IRENA, 2021).

Se sostuvo que la Formulación del problema, consiste en determinar el problema central, formulando la siguiente pregunta: ¿es factible la generación de hidrogeno verde en forma distribuida en microrredes renovables?

Dentro de la Justificación de estudio, se presentó la investigación, esta está justificada ya que se desarrolló mediante artículos científicos de autores destacados, sacados de páginas webs científicas de calidad y de buena reputación.

Posteriormente a ello en la parte práctica sirve para reducir tiempo y gastos excesivos ya que tendrás la facilidad de saber cómo realizar la factibilidad en micro redes renovables.

Ante ello es muy bueno para la sociedad y el ambiente ya que generará empleos para el pueblo y se utilizará energías renovables ya que estas no afectan al medio ambiente.

### **Objetivo general**

Determinar la factibilidad de la generación de hidrógeno verde en base a microrredes renovables

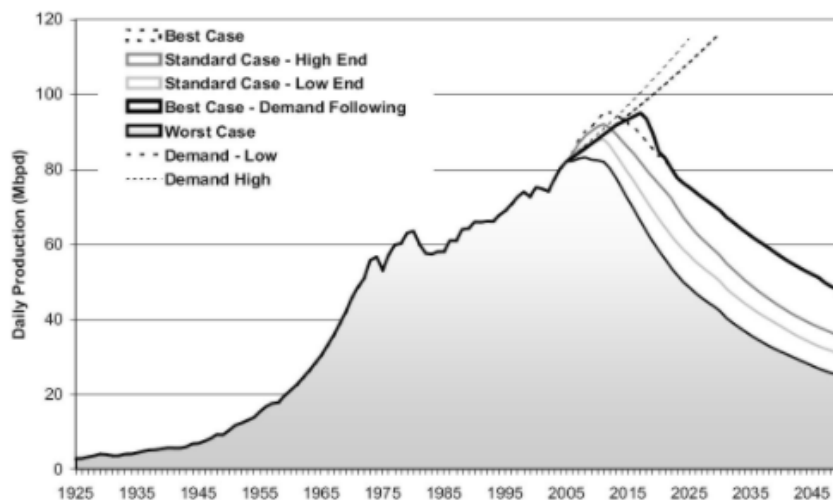
### **Objetivos específicos**

- 1.- Determinar el estado del arte, la producción y acumulación de hidrogeno verde, en el medio rural, mediante la tecnología fotovoltaica y la biotecnología a partir de la biomasa producida en sitio.
- 2.- Determinar la rentabilidad entre la tecnología solar y la biomasa para la generación de hidrógeno verde.
- 3.- Dimensionar las instalaciones estándares para acumular energía de hidrógeno verde en la electrificación de micro redes aisladas en Lambayeque.
- 4.- Determinar los presupuestos, análisis de ingresos y la viabilidad económica financiera de la acumulación de energía de hidrogeno verde en electrificación rural.

## II MARCO TEÓRICO

A continuación, se procede a analizar investigaciones y publicaciones relacionadas al tema de investigación del presente proyecto, (Peraldo, 2017) «en cuanto al otro gran problema, cual es el cenit del Petróleo , donde el objetivo fue indicar que de acuerdo a lo propuesto por el Geólogo y Matemático Norteamericano Marion Hubbert, quien descubrió que un pozo petrolero individual, un campo petrolero en su conjunto, las reservas de Petróleo de un País, de una región o del mundo entero, se rigen por una curva logística , que indica que inicialmente la producción crece hasta llegar a un máximo o cenit y luego decrece hasta llegar a un mínimo o a un punto de producción no optima, llegando a la conclusión que todo yacimiento tiene un ciclo de vida de inicio, crecimiento y disminución de la producción, problema que debemos de entender para solucionar el problema energético del Perú y del Mundo»

La demanda de Petróleo, tiene una demanda, similar al del crecimiento de la población, dado por la figura adjunta:



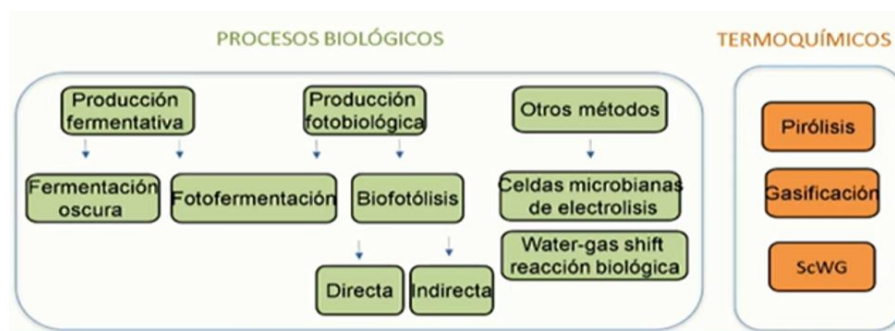
**Figura 1 Oferta y Demanda de Petróleo a Nivel Mundial**

De acuerdo a lo investigado, por (Berestien, 2018) , que tuvo como sentido el determinar qué significa 400 ppm de CO<sub>2</sub>. trascendiendo más allá de los resultados sobre el planeta -calentamiento global, cambio de los sistemas biológicos, y que se determina que indirectamente repercute en el ser humano, los valores actuales de CO<sub>2</sub> hacen del planeta una forma de recinto limitado o invernadero

El CO<sub>2</sub> es un gas más abundante en la atmósfera de manera normal en una razón de 250 a 350 ppm, 350 a 1000 ppm es la concentración máxima de calidad aceptable en un recinto cerrado. Llegando a la conclusión, que el aire está contaminado, a partir de 5,000 ppm alteran la presencia de otros gases presentes en el aire, formándose una atmósfera tóxica o deficiente en oxígeno de consecuencias fatales según incrementa la concentración,

También, de acuerdo a la tesis de (Gorbitz, 2019) , «Una opción que está generando un gran interés en el mundo científico y tecnológico es la creación de hidrogeno en diferentes trabajos de biomasa, pues la biomasa es uno de los recursos renovables más abundantes en todos los continentes, está disponible enormes cantidades de residuos, listos para su uso en cualquier parte, residuos agrícolas, forestales, ganaderos, industriales y Municipales»

De acuerdo a tesis de doctoral, de (Calizaya, 2017) , que tuvo como objetivo el demostrar que los Procesos para la obtención de energía con trabajos de biomasa, se dividen en dos categorías generales, Procesos Biológicos y Procesos Termoquímicos , el biohidrógeno se produce a partir del cambio biológico de los protones en hidrogeno molecular en el cual se llevan a lugar ciertos microorganismos, siguiendo de manera ordenada la reacción de reducción de los mismos gracias a la acción de determinadas enzimas, esencialmente hidrogenadas nitrogenadas, la función de la fuente de energía que utilicen los microorganismos para llevar a cabo su metabolismo, se puede obtener atreves de : Vía fotobiológica utilizando la luz solar y no precisa de ninguna fuente orgánica externa y Vía fermentativa donde se obtiene energía de los electrones liberados en la descomposición de la materia orgánico, llegando a la conclusión que la biomasa se considera la principal materia prima para la obtención de biohidrógeno.



**Figura 2. Producción de Hidrógeno renovable a partir de corrientes residuales**

También, según la investigación de (Guerrero, 2019) , que tuvo como objetivo el explicar que los procesos, están en proceso de desarrollo , es el de la Celda de electrolisis microbianas, que consiste en una tecnología que une los principios de operación de un reactor anaeróbico de biomasa fija, y una celda electroquímica para electrolisis del agua, la estructura de las celdas está compuesta por un cátodo y un ánodo dividido, por una membrana de intercambio iónico, las reacciones que ocurren sobre cada electrodo son reservadas, por lo que se ejecuta energía en forma de voltios o amperes para que esta acontezca, llegando a la conclusión , que en el cátodo existe un ambiente anaeróbico y es donde ocurre la producción de hidrogeno, llegando a la conclusión , que las bacterias electro activas capaces de liberar electrones actúan como ánodo ( Especies *Geobacter* y de *Shewanella* ),

Por último, el peso en la economía peruana del hidrogeno verde, la debemos de incorporar al análisis de las perspectivas de su utilización y tal a lo afirmado por (Guliett, 2020) , que afirma que el hidrógeno verde es una oportunidad estratégica para el País, por el alto potencial de Energías Renovables no convencionales, eólica en el Norte y el Sur, Solar térmica y fotovoltaica en el Sur, Biomasa en el Norte. Se puede hasta planificar su licuefacción y transporte por ductos reales y virtuales, utilizando todo el CAPEX, del metano y derivados. Muchos análisis, sumado lo de la Agencia Internacional de Energía y de Apoyo Consultoría, señalan que la demasiada riqueza de energías renovables de Perú le permitiría producir el hidrógeno verde más competitivo de nuestro planeta y a una gran escala.

Por su lado, en su trabajo de investigación, (Jimenez, 2018) , el profesor Guillermo Jiménez, que tuvo como objetivo el demostrar, «quien ha realizados investigaciones en el campo de las microrredes, asegura que esto puede ser una alternativa para las poblaciones rurales o vulnerables. “Las Redes distribuidas e inteligentes, las observamos como elementos energéticos que puede ser utilizado a una pequeña escala, tal es el caso de módulos solares térmicos en los techos, o las pico turbinas aprovechando su energía de un afluente o una quebrada. En el Perú se localizan cientos de estos recursos energéticos que podemos dominarlos y aprovecharlos a través de microrredes. Llegando al resumen, que, para aquellos sitios remotos en donde no es rentable llevar red eléctrica, las micro redes aparecen como alternativas sostenibles y confiables con los medios de almacenamiento de energía

que la tecnología del hidrogeno verde nos brinda, que no son función de los hidrocarburos fósiles, tanto en su estado gaseoso, como en su estado sólido”.

Para 2021 y los años siguientes, según el trabajo de investigación, (Amell, 2019), «se determina que las empresas públicas concesionarias eléctricas conformen una asociación tal como h<sub>2</sub>, para contribuir al desarrollo de una transición energética que asegure la existencia de un flujo confiable y constante de energía para futuras generaciones”. Las actuales tendencias tecnológicas a nivel internacional nos demuestran las trayectorias disruptivas para la producción y uso del hidrógeno y Latino América debería apostarle a este tipo de alternativas»

Debemos de mencionar lo dicho por (Rifkin, 2018) , en su tesis «La economía del hidrógeno se ha promovido durante mucho tiempo como base disruptiva de un futuro con bajas emisiones de carbono, que tuvo como objetivo el determinar el consenso sobre los detalles cuantitativos de ese futuro, con algunos líderes de opinión preocupados por la falta de demanda y otros despreciando limitaciones del hidrógeno. En la presente investigación, satisfacemos la necesidad de una definición de la "economía del hidrógeno" e ilustrar una visión en qué hidrógeno se utilizará principalmente para la descarbonización donde no existe alternativa.

En cuanto a lo relacionado con la salud y la seguridad del Hidrogeno verde, debemos de mencionar, que de acuerdo a (Sazali, 2020), es necesario el comprender los peligros inherentes del hidrógeno lo cual es esencial antes de su uso generalizado para el transporte marítimo mundial, debiéndose evaluarse varios factores. En los Estados Unidos la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) proporciona un sistema estándar para la identificación de peligros de materiales para respuesta de emergencia denominada NFPA 704 [35].

Los El grado de peligro se clasifica en severidad creciente de categoría 0–4. La Figura N° 3, compara brevemente los peligros de hidrógeno a otras fuentes de energía representativas basadas en los cuatro estándares NFPA 704: salud, inflamabilidad, inestabilidad, y peligros especiales. Desde la perspectiva de la salud e inestabilidad, el hidrógeno líquido (LH<sub>2</sub>) es inherentemente el más seguro en relación con otros combustibles con una calificación de 0 en ambas categorías.

Hazard/Safety Category	FUELS							
	LH <sub>2</sub>	HFO/MGO	Biodiesel	LPG	LNG	MeOH	EtOH	Ammonia
<b>Criterion 1: Flammability limits- vapor-air mixtures will ignite and burn over a well-specified range for compositions.</b>								
A wider range increases the limits in which a fire or explosion could commence.								
Lower heating value [MJ/kg]	120	42.7	37.4	46	50	19.9	26.7	18.6
Flammable limit range	71	9.7	-	7.5	9.7	29.3	15.7	13
<b>Criterion 2: the potential of self-ignition</b>								
In presence of oxygen all materials heated above their ignition temperature will burn								
Auto ignition point [C°]	520	250	220	470	540	464	363	650.9
Boiling point [C°]	-252.9	175	315	-42	-161.5	64.7	78	-33.3
Flash point [C°]	-259.2	61	100	-104	-175	12	17	-64.2
<b>Criterion 3: Cloud formation and Flame propagation</b>								
- 'vapor density' or 'diffusion coefficient' would be related to buoyancy (e.g., LH <sub>2</sub> evaporates for a short period due to its high buoyancy)								
Vapor Density air=1	0.10	5	0.88	0.56	0.55	1.10	1.60	0.80

**Figura 3 Comparación del peligro Potencial de explosión y Fuego**

Con respecto al poder y al Momento del Hidrogeno, podemos mencionar lo siguiente:

Según, (Botero, 2019) «La crisis ambiental ocasionado por el supuesto estado económico del extractivismo, el crecimiento de la demagogia izquierdista, achacado al extractivismo, y el correspondiente incremento de la demanda de las energías fósiles no renovables, fue denunciado en el reporte del Club de Roma en 1972.»

Según, (Williams, 2017), «Por lo que el desarrollo energético en concordancia con los objetivos del milenio, dentro de la época de transición y cambio de paradigma energético, por lo que aun algunos lugares con equilibrio en su matriz energética tienen el desafío de centrar los esfuerzos en acciones que sean de suma prioridad los proyectos energéticos renovables no convencionales»

De acuerdo a, (Sanabria, 2018)« Una buena estrategia son el contribuir al incremento de los proyectos descentralizados, en donde juega vital importancia la generación distribuida (GD), entendida como “La producción de electricidad en o cerca del punto de uso, sin considerar el tamaño, el tiempo y las circunstancias de (Pedraza, 2018) , «Le des concertación de la productividad energética, y la situación del gasto final de las reservas energéticas, es por eso, que es conveniente



fortalecer las investigaciones de tesis de titulación que presenten propuestas de análisis multidimensionales, transes calares e interdisciplinarios»

(Souza, 2018) «Los principales actores insertos en el mundo energético, que se encuentran en equilibrios de mutua dependencia, en este análisis será prioritario incluir los trabajos que analicen las jerarquizaciones y poderes»

(Moreno, 2018) «Si se parte de los antiguos modelos de generación distribuida basados en fuentes renovable, en función a la relación de estudios con la distribución y diversificación de fuentes y producción, darán aportes para entender esta problemática»

(Ackermann, 2021) «Los principales actores que construyen y participan de las distintas redes con naturaleza y poder disímil, de acuerdo de las estrategias utilizadas a diferentes escalas, el poner en discusión a las funciones energéticas de los ER pampeanos en un contexto de expansión de la homogeneización productiva resulta como mínimo llamativo.»

(Jacinto, 2019) «Los commodities, con sus precios al alza, con la minería extractiva, revolución verde, extracción cada vez más profunda de los hidrocarburos, donde al final, esto asegura que se mantiene el aumento de movimiento de reposición escénica de los recursos naturales y de la mano de obra1»

(Cuaila, 2017) «Cammesa, empresa administradora del mercado eléctrico mayorista, en donde su colaboración, fue de un 60 % del gasto energético primario en cuentas nacionales para el año 2020, con énfasis en el gas natural y el Petróleo.»

(Durix, 2018) «Los activistas del programa de energías renovables del INTI, mostraron el relevamiento nacional del programa de diversos Biodigestores, el proyecto principal Pro biomasa (Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa)»

(Nigris, 2017) «Se prioriza el hecho que la principal tecnología, es el tratamiento de los efluentes, y adopta que este informe que solo el 6 % de las plantas relevadas fueron instaladas con fines energéticos»

(Hilbert, 2017) «La triangulación de la metodología utilizado como campo propicio para la suma de abordajes de orden cuantitativo y cualitativo con un enfoque integral del objeto de las presentes investigaciones, para estudiar los obstáculos y soluciones de los procesos energéticos o productivos.»

#### Factibilidad

La factibilidad con respecto al servicio eléctrico decide la necesidad de implementación de redes para la adquisición de energía eléctrica que serán trasladadas hasta los domicilios del usuario, describiendo el detallado proceso y las especificaciones técnicas que se deben tener en cuenta para su construcción (Curran, 2018).

#### Generación de hidrógeno verde

La tecnología de producir y generar hidrogeno verde en el medio rural, ha tomado varios caminos, el primero es la elaboración de hidrogeno verde con trabajos de la biomasa, producida en el medio rural, en donde observamos que el hidrogeno renovable o hidrogeno verde, es muy pobre solo el 2 % se produce por electrolisis, la mayor parte es hidrogeno azul o hidrogeno gris y es responsable de una emisión anual de 830 MtCO<sub>2</sub>, por lo que se deduce que para el crecimiento de un modelo energético sostenible, tanto las materias primas de partida, como los procesos tecnológicos para la producción del sector energético (Guliett, 2020).

#### Micro redes renovables

Son sustentadas por almacenes de energía limpia renovable como son energías enviadas a través del sol, hidrógeno verde, hidráulica entre otras energías provenientes naturales del planeta que son obtenidas por aerogeneradores, biomasa, paneles solares entre otras, que usualmente se asocian con variedades de almacenaje de energía como son las baterías (Delgado, 2019).

#### Sector eléctrico rural

Es el que otorga el servicio de la energía eléctrica a un grupo determinado y de poca magnitud como son los centros poblados rurales que están en deficiencia con esta utilidad eléctrica. Esto ayuda a aumentar la cobertura del servicio energético presente, añadiendo a nuevos usuarios al beneficio (Garcia, 2018).

### **III.- METODOLOGÍA**

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

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

La investigación materia de la presente tesis, es de razón y naturaleza **Aplicada**, pues utiliza los saberes y datos secundarios existentes de la ciencia para dar respuesta a una situación problemática existente

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

La presente investigación de diseño NO EXPERIMENTAL «ya que no se manipulará de manera intencional ninguna de las variables que se están estudiando, tal como lo señala sampieri:»

«En este caso la definimos como la investigación que se lleva a cabo sin manipular de manera intencional variables. » (SAMPIERI HERNANDEZ, 2010).

A su vez es DESCRIPTIVA, «Debido a que se basa en la transversal observación y descripción de las simbologías, especificaciones y modo de razón de los generadores de hidrogeno para poder plantear el diseño de un prototipo de control tipo Scada automatizado.»

#### **3.2.- Operacionalización de variables**

##### **a) Variable Independiente**

Factibilidad de la Generación de Hidrogeno Verde

##### **b) Variable Dependiente**

Micro redes Renovables distribuidas

#### **3.3.- Población, muestra y muestreo**

##### **3.3.1 Población**

«La población objeto de estudio está constituida por los procedimientos de obtención de hidrogeno que fueron obtenidas de 35 documentos entre tesis y artículos no mayor a 5 años de antigüedad»

Generador a partir de la Energía Fotovoltaica

Generador a partir de la Energía Eólica

Generador a partir de la biomasa (Combustión, Gasificación, Torrefacción, Pirolisis. Gasificación Térmica, Licuefacción Hidrotérmica, Gasificación Térmica)

### 3.3.2 Muestra

«De las formas de producción de hidrogeno, mediante los 35 documentos obtenidos en la población solo se tomarán en cuenta 5 documentos no aleatorios para su estudio y análisis, aquellas que producen hidrogeno verde y que nos ayuden a un mejor resultado de óptima calidad y cumplir con los objetivos del milenio:»

Hidrolisis fotovoltaica; Producción de hidrogeno a partir de energía eólica

Para la obtención de la muestra realizamos y desarrollamos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

**Donde:**

**n**= tamaño de muestra

**p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado. 85%

**q** = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado. 15%

**N** = Tamaño de la población (35)

**z** = Parámetros estadísticos depende al Nivel de confianza 95 % (1.96)

**e** = Margen de error de muestra. 3%

Obteniendo un resultado siguiente:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.85)(0.15)(35)}{(0.3)^2(35 - 1) + (1.96)^2(0.85)(0.15)}$$

$$n = 4.82$$

$$n = 5$$

### 3.3.3 Muestreo

No probabilístico. Se considera el 100% de la muestra.

## 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnica

**Análisis de Documentos:** «Se realizó por medio de esta técnica la recolección de datos a través de la literatura existente en base de datos, repositorios, revistas, publicaciones acerca del proceso de generación y acumulación de hidrogeno, así

como la automatización de este proceso, sirviendo de base para determinar el principio de funcionamiento y parámetros básicos de diseño teórico a ser calculado.»

Se prendera el computador, se entrada a los buscadores se entrará a las páginas web de las bases de datos, donde se bajarán los archivos con la información necesitada, se podrá usar de manera optativa algún gestor de citas, tales como Zotero, Mendeley, Altas Bi entre otros

### **Instrumentos de recolección de datos**

#### **Guía de análisis documental**

Se afianzó en páginas web científicas acreditadas y una buena base de datos como Scopus, Scielo, Redalyc, IEEE Explore, Ebesco, Latín Índex entre otros como el instrumento propio de recolección de información que se utilizaró en post de determinar la lista de necesidades de información para la realización de los cálculos y diseños.

#### **Validez y confiabilidad**

«La validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados son asumidos de la metodología de los autores que se aplican para los propósitos de la información de naturaleza secundaria recolectada y que tengan la debida confiabilidad, que nos aseguren cálculos y diseños precisos»

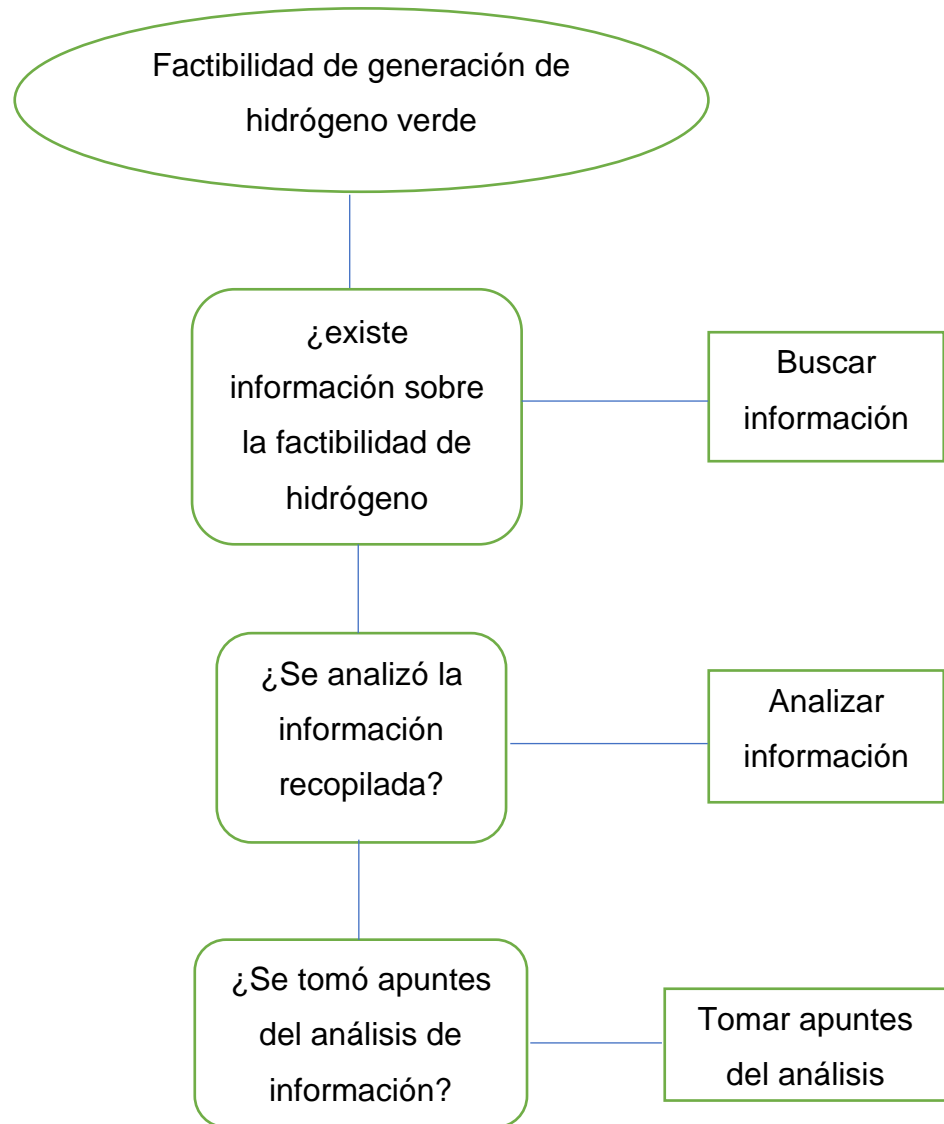
### **3.5 Procedimientos**

Se inicia con la aplicación de la técnica de análisis de documentos donde sirvió para recolectar información fundamental que nos fue de gran de ayuda para el desarrollo de la investigación, donde se pudo determinar puntos específicos con relación a nuestro tema como son los inicios de funcionamiento, sus cálculos y parámetros de diseño.

Para ello también hacemos uso del instrumento guía de análisis documental, ya que nos brindó el acceso de investigación a páginas web científicas acreditadas como scopus, scielo, Redalyc, entre otras de gran prestigio a nivel mundial.

Se recolectaron 35 documentos entre tesis y artículos de páginas web ya mencionadas y con autores destacados, basados específicamente en nuestro tema de indagación.

Obtenido los 35 documentos científicos acreditados y de prestigio se procedió a la selección de información puntual que nos servirá para el desarrollo de la tesis. Se procedió a la toma de apuntes para el almacenamiento de la información puntual, posteriormente fue aplicado para el desarrollo de los resultados de nuestra investigación.



**Figura 4 Procedimiento de investigación**

### **3.6 Método de análisis de datos**

Se empleó la utilización de fuentes informáticas de gran prestigio para la elaboración de esta tesis, realizado de forma sistemática, analítico y de manera formal. Para el análisis de datos se usaron técnicas e instrumentos de forma descriptiva donde se utilizaron cuadros y gráficos reales para el proceso de la investigación.

### **3.7 Aspectos éticos**

«El proyecto de investigación se llevará manteniendo la firmeza de los valores que se obtengan sin ser alterado, con originalidad y respetando las ideas obtenidas de otras investigaciones, indicando su respectiva cita y colocando adecuadamente la referencia al final del proyecto, esto en base a las normas ISO, asimismo se respetará la reserva de los participantes que no requieran ser nombrados, se respetara la autoría de los conceptos e ideas utilizadas, se seguirán las reglas de referencia en este caso APA 7 e ISO 690 »

## **IV. RESULTADOS**

### **4-1.- DETERMINAR EL ESTADO DEL ARTE, LA PRODUCCIÓN Y ACUMULACIÓN DE HIDRÓGENO VERDE EN EL MEDIO RURAL, MEDIANTE LA TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA Y LA BIOTECNOLOGÍA A PARTIR DE LA BIOMASA PRODUCIDA EN SITIO**

Los archivos científicos que se obtuvieron con respecto a los antecedentes de la generación de biogás en América Latina y el Caribe es inmenso, y refleja los diversos contextos y estados de situación desde sus inicios hasta la actualidad. El uso de la tecnología de la biodigestión se radicó desde los años 70. Las pruebas piloto reflejaron su funcionalidad técnica, pero surgieron errores en visibilizar la utilidad para el producto. En el año 2009 se conformó el taller de intercambio de experiencias de Biodigestores en América Latina, así mismo durante ese año se conformó la red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe, conocida como RedBioLAC. De modo simultáneo se crearon alianzas entre los centros de investigación, universidades, empresas y ONGs para mejorar las tecnologías y profundizar el desarrollo científico, legal y técnico. En Perú la utilización de la biomasa para la generación de energía se ejerce en el autoabastecimiento para la industria y la introducción de la energía a la red eléctrica nacional a partir de los mecanismos de subastas de compra de energía proveniente de fuentes renovables con inicios del año 2009.

Electrificación rural en sitios donde no hay acceso a la red nacional que representa un aproximado de 5 millones de peruanos (FAO, 2013, p. 123). A diferencia de Chile que fomenta el biogás proveniente al crecimiento de pasivos ambientales, al efecto invernadero y el cambio climático. En Uruguay, se elaboró un diseño con respecto al plan energético nacional. Se definió el sistema energético bajo el rol directriz del estado con el desarrollo de fuentes energéticas renovables. En México, el almacenamiento, el mal manejo y la mala disposición final de desechos ganaderos ha contraído problemas atmosféricos relacionados a la contaminación del suelo, aire y agua. Esto ha traído la creación de tecnologías para la biodigestión anaeróbica. Por otro lado, Brasil es uno de los principales países ejecutar esta tecnología. En la actualidad se presentaron proyectos de biogás distribuidos en diversos lugares de su territorio, a diferencia de Argentina que el panorama es



complicado e incierto. La matriz energética está unida a los hidrocarburos. Según información confidencial y relevante de CAMMESA (Compañía administradora del mercado mayorista eléctrico), tuvo una participación del 60 % del consumo energético primario nacional durante el año 2015, con destaque de gas y petróleo. Todo esto presenta un escenario de insuficiencia y de transición hacia las energías descarbonizadas. A finales del siglo XX, en las últimas décadas se vienen desarrollando en los lugares rurales proyectos de obtención de energía como biocombustibles a partir de cultivos de maíz, soja o caña de azúcar, la instalación de parques eólicos y plantas fotovoltaicas para la obtención de electricidad, o el aprovechamiento de restos agropecuarios en biodigestores para la obtención de biogás.

En 2016 el PROBIOMASA (Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa) junto a los integrantes de la red de biogás y los miembros del programa de energías renovables del INTI presentaron el relevamiento nacional de biodigestores. En base a esos datos algunos análisis realizados desde el INTI se expusieron que “el sector industrial entiende a la biodigestión anaeróbica como una etapa necesaria dentro del tratamiento de sus efluentes y no como una alternativa exclusiva de generación de energía” Asume este informe que solo el 6 % de las plantas relevadas fueron instaladas con fines energéticos, el resto prioriza la tecnología como solución para el tratamiento de aguas residuales.

La volubilidad de la digestión anaeróbica y el biogás ayudan a que también sea factible generar energía descentralizada y de diversa escala, por ejemplo, suministrar gas o luz eléctrica a comunidades del interior del país, empleando pequeñas porciones de residuos o efluentes. Otros estudios observan que el biogás, a diferencia de otras fuentes de energías renovables, genera energía durante todo el día mientras que otras fuentes como son los “los molinos eólicos tienen una ocupación de 15 hasta 25 % del tiempo, los paneles solares, como los paneles fotovoltaicos también desarrollan energía durante una ocupación limitante y durante una parte del día”.

En este entorno, el ministerio de Energía y Minería 2, a través de CAMESA, realizó en el año 2016 la convocatoria Abierta Nacional e Internacional “Programa Renovar Ronda 1”, para proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables

según lo especificado en la Ley N° 26.190 y 27.191. Hasta a mediados del año 2018, efectuadas 3 rondas licitatorias, se adjudicaron 147 proyectos por 4.466,5 MW, correspondientes a 18 proyectos de biomasa, 41 de energía solar, 34 de energía eólica, 14 de aprovechamientos hidroeléctricos, 4 de biogás de relleno sanitario distribuidos en diferentes provincias y 36 de generación de biogás.

De todas formas, más allá de la aparición de recursos, en Argentina se situó en una etapa de construcción de un cuadro regulatorio para dirigir las exploraciones, las explotaciones y la descentralización de fuentes energéticas. Biodigestión anaeróbica y su aprovechamiento energético. Estudio de caso. Inconvenientes y potencialidades. Los desafíos de la generación descentralizada en general y de la producción de biogás en particular han sido expresadas en apartados anteriores. En el presente se manifiestan las dificultades en la producción de biogás a partir del caso estudiado en la unidad de producción ganadera La Micaela, situada a 2,5 km de la provincia de Carlos Tejedor, área con superioridad del uso ganadero en sus distintas maneras, recría, cría, ciclo completo y engorde a corral, con manejo productivo intenso y estabulado, que se diferencian para generar biogás a partir de la reutilización de restos de los 500 animales. El desarrollo del proyecto bioenergético ocasionado en la articulación público/privada ocasionó tres años de negociaciones (2011-2014). La firma del convenio y la materialización de gestiones se instrumentaron con la participación del referente de la unidad productiva y la empresa Biogás, como privados, y PROINGED (Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida), la Cooperativa eléctrica de Carlos Tejedor y Municipio de Carlos Tejedor, como públicos. Para la compra del grupo electrógeno, la provincia de Buenos Aires otorgó un crédito a la cooperativa, que devuelve con el 20 % de la bioenergía que se vende a la red. El sobrante ingreso por venta de energía le corresponde al productor. A partir del estudio de los datos primarios relevados, se muestran en la figura N° 1 la distribución de las respuestas de las cinco (5) entrevistas desarrolladas a actores claves en la generación de biogás en Carlos Tejedor. Cada actor asignó determinada concordancia a los obstáculos mencionados, y de ellos, el número 5 fue el valor más sobresaliente.

**Tabla 01. Principales Obstáculos para la generación de biogás según actores claves**

	<i>Diversidad de intereses</i>	<i>Falta de legislación</i>	<i>Complejidad físico-química del biodigestor</i>	<i>Inversión inicial</i>	<i>Adaptación e innovación de infraestructura</i>
<i>Actor A</i>	5	4	2	1	3
<i>Actor B</i>	5	3	2	4	1
<i>Actor C</i>	5	4	2	3	1
<i>Actor D</i>	3	5	4	1	2
<i>Actor E</i>	5	4	3	1	2
	23	20	13	10	9

Fuente: Elaboración propia

Estos inconvenientes sometieron el desarrollo del proyecto en Carlos Tejedor:

- **Diversidad de intereses:** la diversidad de intereses entre los actores es el principal inconveniente en el proceso. Es decir, la articulación entre los actores complejizó el proyecto; lo hizo pausado y esto evitó la oportunidad de obtener incentivos para reproducirse. La articulación entre actores privados y públicos involucran desafíos y barreras continuos.
- **Falta de legislación:** otra dificultad fue la ausencia de legislación, aumentada a la falta de antecedentes en la temática, lo que fue definitivo y provocó que cada paso del proceso fuera pausado.
- **Posibilidad de riesgo de la tecnología:** aunque no fue nombrado en el caso de estudio de Carlos Tejedor, no deja de ser una dificultad a la hora de generar energía a partir de los restos. Las paredes y el piso de hormigón aparecen problemas constitutivos, como agrietamientos, lo que necesita un control determinado y mantenimiento. Por otro lado, está cubierto con hileras de vidrio en el medio para que no desperdicie temperatura. Tiene un sistema de membrana doble que es la que usualmente esta estirada para que el aire y lluvia no le hagan prejuicios, y abajo hay otra que disminuye y aumenta con la presión del metano. Esto es incitante a la generación de explosiones, en caso de no realizar las normas de seguridad necesarias para trabajar con estos gases combustibles. Para evitar este riesgo deben ejecutarse las medidas preventivas, apropiadas para cada diseño particular de biodigestor, a

través de accesorios de seguridad, instrucciones de operación y un control continuo durante el funcionamiento de esta tecnología. Según Bradfer, la mayor exposición de la generación de biogás son sus propiedades de inflamabilidad y explosividad al unirse con el oxígeno contenido en el aire: El biogás está compuesto de CO<sub>2</sub> con efecto asfixiante (si O<sub>2</sub> < 18 %), y H<sub>2</sub>S tóxico (mortal si > 50 mg/m<sup>3</sup>). Estos dos gases son más dañinos que el aire lo que involucra un riesgo de acumulación en zonas bajas de perímetros cerrados como las cámaras y pozos. El peligro de asfixia o toxicidad del biogás puede solucionarse mediante ventilación natural, detectores de gas y procedimientos para entrar en lugares de riesgo (detector portátil, equipo autónomo de respiración, etc.) (2002, p. 76). En síntesis, estos proyectos tienen por delante rivalidad de articulación regional entre la producción primaria, la producción industrial, la distribución o las redes técnicas, la eficacia, la comercialización y el consumo. El análisis que se realiza a partir del estudio de caso reafirma la hipótesis que las áreas rurales son revisados como territorios productores de energía y como enclaves de reciclaje de residuos. La bibliografía analizada acerca de la generación eléctrica descentralizada expone que la misma a escalas diferentes fortalece las cadenas de valor, ya que incluye a productores/consumidores locales y regionales, ejerce un impacto en sus condiciones socioeconómicas y predica la utilización de un resto contaminante. Nuestras investigaciones en desarrollo advierten que atisbar cambios profundos cortoplacistas de la matriz energética Argentina sería equivocado, ya que su aplicación contiene consensos privados y públicos, embrionarios aún. En el caso particular de la producción de biogás a partir de los restos, los acuerdos se obstaculizan más cuando los actores/productores no ceden a créditos para ejecutar las inversiones, cuando su localización involucra otros desafíos y riesgos, cuando los marcos regulatorios, si existen, plantean parámetros poco accesibles.

#### **4.2- DETERMINAR LA RENTABILIDAD ENTRE LA TECNOLOGÍA SOLAR Y LA BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE HIDRÓGENO VERDE**

En el Norte del Perú, como es Lambayeque es necesario pensar, planificar y desarrollar, una matriz energética basada en el uso intensivo, eficiente, seguro y limpio de la biomasa producida por los diversos procesos, agrícolas, ligados a la caña de azúcar, arroz, café entre otros, que permiten utilizar esta energía carbono neutral, pues producen el carbono, que cuando fueron plantas se encargaron de recoger de la atmosfera, por lo que se tiene un efecto cero aportes de carbono neto a la atmosfera, y analizarse la viabilidad económico financiera, ambiental, social y técnica con otras alternativas de energías renovables no convencionales, tal como es la energía solar fotovoltaica, con todos los avances tecnológicos y de reducción de costos que a la fecha tienen.

En el año de 2019, el Instituto Fraunhofer de Sistemas de Energía Solar, determinó en un informe, que detalla la gran disminución de precios unitarios de los paneles solares de un promedio de US \$ 25 por cada Wp instalado, a un rango de 0.4 a 0.60 US \$ por Wp en la actualidad ( 2019 ) , las grandes empresas transnacionales de la energía realizan estudios, con nuevos materiales tales como la peroskita, nuevas conexiones y con la competencia que significa, la producción en la China, presentan una perspectiva de precios más bajas todavía, básicamente por económica de escala de producción, el uso de nuevos materiales y nuevos y más económicos procesos de producción , análisis prospectivos de precios nivelados de costos de producción , predicen que esa disminución de precios seguirá pronunciándose aún más, En el Perú se prevé un aumento de la demanda de paneles solares por el incremento excesivo de intensidad del programa de electrificación rural , que está llevando a cabo la dirección general de electrificación rural, del ministerio de energía y Minas , junto al ya inminente promulgación del reglamento de generación distribuida, que le va dar vida legal a la figura del prosumidor, que significa nuevas oportunidades de negocio, nuevas inversiones en electrificación rural , lo que hará que se duplique o cuadriplique la demanda de paneles solares y por lo tanto la cantidad de paneles importados, bajará los costos

unitarios y hará más barato su coste final y el coste de la energía generada por esta fuente.

Un análisis robusto de los sistemas SFCR, es el que se encontró en la universidad de Valladolid en España, en esfuerzo conjunto con la Universidad Pedro Ruiz Gallo , dentro de la Red de Investigación iberoamericana RISIGED ( Red Iberoamericana de Sistemas Híbridos de Generación Distribuida ), en donde a partir de un generador fotovoltaico de 3,3 kWp, compuesto por 12 módulos fotovoltaicos conexiónados en serie, inclinado a 14.3° y orientación norte, utilizando módulos de la marca Gamesa y un potencia nominal de 275 Wp., con la presencia de un inversor monofásico Power, modelo Prima-x 3010x, potencia máxima de salida AC de 3 Kw, de acuerdo a sus curvas de funcionamiento y usado para conectar el grupo fotovoltaico, para conectar a la red eléctrica y complementados de manera extraordinaria con un reconocido sistema tipo Scada de adquisición de datos, instaladas en áreas de techo horizontal, pero también en paredes verticales y en cualquier punto, que se pueda utilizar. Lo mencionado se reflejará mediante detalles técnicos de esta instalación modelo, que nos sirve de punto de comparación.

**Tabla 2. Especificaciones técnicas de los equipos de este análisis comparativa:**

**Alternativa fotovoltaica**

<b>Módulo fotovoltaico</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	
Tipo	-	Monocristalino	
Eficiencia de modulo	%	16,40	
Potencia máxima (P máx.)	Wp	275	
Área de modulo	m2	0,95	
TONC	°C	46	
<b>Inversor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	
Potencia máxima de entrada DC	W	3070	
Tensión MPP para potencia nominal	V	270-500	
Potencia máxima de salida AC	W	3160	
Potencia nominal AC	W	3000	
Tensión nominal de red AC	V	230	
Frecuencia de red	Hz	45-65	
Eficiencia máxima	%	98,6	

Fuente: Elaboración Propia

Muy aparte de la variación de horario para la entrega de energía y potencia, debemos de indicar que la temperatura se considera como uno de los principales factores en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, en donde la temperatura y su correspondiente energía generada son más altas en la estación solar de primavera, debido a los mayores niveles de Irradiancia, se produce energía eléctrica todo el año, se alcanza el nivel más elevado en el mes de Noviembre y los de menor valor en los meses de Junio y Julio, la energía eléctrica media mensual más baja esta por el orden de la mitad, de la más alta presentada .

**Tabla 3. Valores de base utilizados en los cálculos**

<b>Parámetros de entrada</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Potencia del inversor	KW	3,0
Potencia del generador fotovoltaico	kW	3,3
Productividad anual SFcR	kWh/kWp/año	1,900
Tasa de descuento	%	5
Inflación anual	%	4
Valor de la energía entregada por el SFcR	US\$/kWh	0,154
Tiempo de vida útil del SFcR	año	30
Costo del generador fotovoltaico	US\$/kWp	982
Costo del inversor	US\$/kWAc	833
Costo estructura soporte paneles FV	US\$/m <sup>2</sup>	65
Costo de accesorios	US\$/kWp	355
Costo servicios	US\$/kWp	939
Energía renovable producida	MWh/año	6,128

Fuente: Elaboración propia

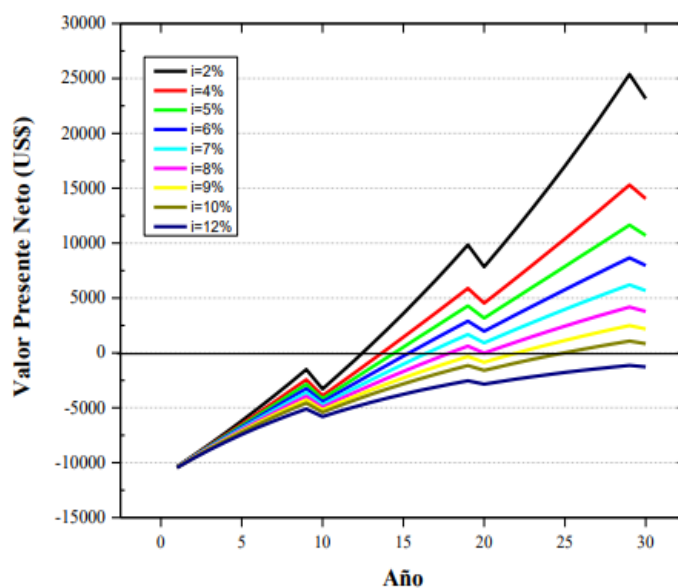
Donde debemos de precisar

Los Precios de la Energía utilizada en el Inversor, provienen de la tarifa BT5 del pliego tarifario de provincia de Lambayeque tarifa BT5, en baja tensión, la vida útil económica de los equipos, es tomada de las experiencias analizadas y garantiza que los equipos eléctricos son retirados, cuando su costo de operación y mantenimiento sobrepasa, su costo de reposición de los equipos.

Los costos de Generador Fotovoltaico, Costo de Inversor, Costo de Estructura de soporte de paneles FV, Costo de accesorios y costo de servicios, son en base a los existentes a la fecha en el mercado Minorista de la provincia de Lambayeque, incluyen todos los impuestos y gastos complementarios

En cuanto a la tasa de descuento utilizada, esta es la determinada por la interacción de la tasa de interés base, dada en el mercado Peruano, como interacción de la oferta monetaria ( Curva LM ) y la demanda monetaria, ( Curva IS ) , que refleja el grado de escasez del dinero en el mercado, a la cual se le suma el sobre costo de la tasa de interés, producido por el riesgo país ( Riesgo de no poder repatriar capitales, riesgo de tipo de cambio por interferencias políticas, riesgo de políticas populistas que atenten a la propiedad privada ), se trabaja con puntajes determinados por las agencias calificadoras de riesgo y que debe ser preocupación del gobierno de saber mantener lo más alto posible y por ultimo e riesgo negocio, que aglomera al riesgo del tipo de negocio en especial, ligado al sector micro económico donde se desempeña la actividad, grado de recesión o crecimiento económico, inflación o deflación, y el comportamiento o historial crediticio de agente económico o empresa que tendrá a cargo el proyecto o plan de negocio

Para hacer un análisis más sensible, se realizan simulaciones del resultado del principal indicador el Valor Presente Neto, con distintas tasas de descuento determinadas, para ver cuál es su variación, para lo cual utilizaremos Macros en Power Bi, desarrollados en hojas Excel dinámicas y que nos permite realizar profundos análisis de variación de los indicadores en base a los principales indicadores económicos



**Figura 5. Variación del VAN con respecto al costo promedio ponderado del capital**

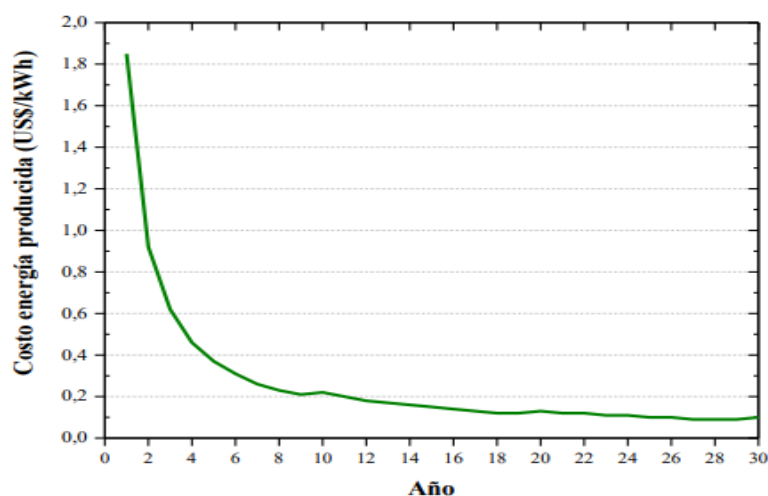


Y con los valores medios (que expresan el rango de variación), siguientes:

Indicador Económico	Unidad	Valor
VPN	10.708	US\$
TIR	10,7	%
PRS	12	Año
N <sub>FCP</sub>	11,6	Año
Costo de la energía producida	0,10	US\$/kWh

**Figura 6. Valores de Evaluación Económica**

En cuanto, al costo de la energía producida con respecto al tiempo, esta tiene una variación, pues los costos de adquisición se diluyen en los primeros años y solo queda el costo de operación que al no tener que absorber costos fijos cada vez es menor, dando como resultado una curva de costos descendentes, tal como se puede apreciar y calcular en la Figura N.º 7



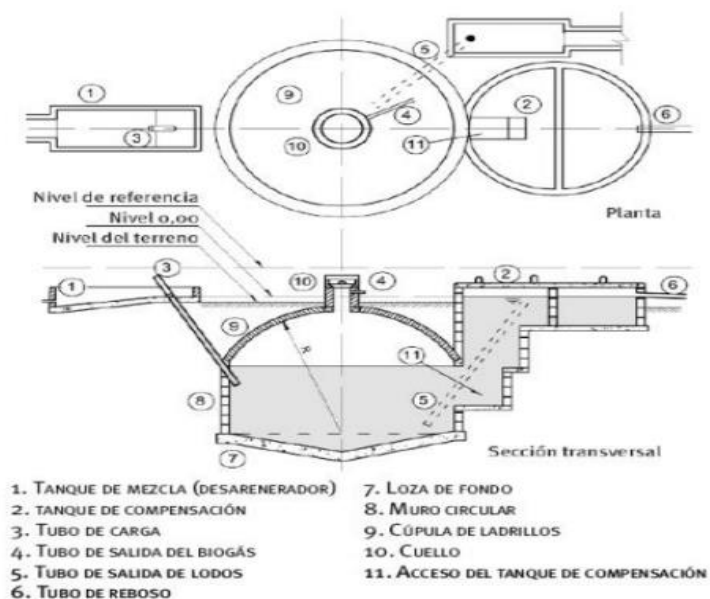
**Figura 7. Costo de la Energía generada a lo largo del proyecto**

En cuanto a la energía de la biomasa, debemos de mencionar:

Para la producción continua y económica de energía con el uso de reactores, se deben, trabajar con varios discontinuos, para conseguir una producción de biogás cercana a la continuidad deben combinarse varios reactores discontinuos con

puestas en marcha intercaladas en el tiempo., aplicados a producir energía de energía a partir de residuos de alta concentración de sólidos, pudiéndose utilizar procesos tradicionales como la gasificación, que produce gases altamente contaminantes, por lo que es necesario migrar a procesos más limpios, como la pirolisis que produce combustibles líquidos, tales como aceites combustibles, los cuales pueden ser combustionados produciendo un menor impacto, estos reactores han sido aprovechados en residuos con una alta concentración de sólidos que obstaculizan la adopción de sistemas de bombeo, como en los residuos de ganado vacuno con lecho de paja y que pueden ser aplicados a eco empresas, en modalidad de sistemas biodigestores tubulares y salchicha , campana flotante o tipo hindú cúpula fija,

Se permite homogenizar o uniformizar el sustrato fresco, el tanque de compensación es para que no se produzca el sobrellenado de la planta, cuando se genera Biogás, el cual lleva la mezcla al tanque de compensación, y cuando el Biogás es combustionado la mezcla regresa al interior del biodigestor. Esta parte es muy fundamental para acumular el biogás cuando hay picos de producción oferta, que no tienen demanda instantánea y éste no puede ser consumido y por lo tanto deben ser acumulados o guardados, La presión del gas incrementa con la magnitud de biogás producido, esto quiere decir, que hay una desigualdad de niveles de presión de funcionamiento en los dos tanques.



**Figura 8. Partes y fabricación de biodigestor de cúpula fija**

En cuanto a los costos, lo principal es determinar el costo de instalación y funcionamiento de estos biodigestores, considerando los insumos, necesarios para su fabricación, pruebas y puesta en funcionamiento, así como cada uno de los elementos necesarios para su fabricación

Elemento	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)	Proveedor
Ladrillo H10	600	720	432.000	Ladrillos y Tubos
Cemento CEMEX	20	25.000	500.000	Distribuciones Colombia
Arena	4 m <sup>3</sup>	60.000	240.00	Distribuciones Colombia
Piedra	3 m <sup>3</sup>	50.000	150.000	Particular
Tubos y accesorios de PVC	10	30.000	300.000	Distribuciones Colombia
Mano de obra para adecuación del área	6	30.000	180.000	Personal de Mantenimiento UDES
Construcción del Digestor	1	1.200.000	1.200.000	Contratista particular
Diseño y Gestión	1	500.000	500.000	Personal Ingenierías UDES
<b>Total</b>			<b>3.502.000</b>	

**Figura 9. Costos de fabricación de Biodigestores**

Otra de las formas tradicionales de aprovechar la energía de la biomasa, es partir del bagazo, generado en proceso de fabricación del azúcar, a partir de la caña, en donde se sigue un proceso que empieza con la llegada de la caña, su limpieza , trozado en los macheteros, proceso de imbibición o extracción del jugo en las baterías de molinos o trapiche, para pasar buston luego el subproducto denominado bagazo a su secado y para su posterior utilización térmica, obedece a los siguientes análisis de costos :

Costo de Producción del Bagazo: 0

Costo de Tratamiento pre Combustión: US \$ 0.05 Kwhr Eléctrico

Costo de Generación en Ciclo Combinado: US \$ 0.08 Kwhr Eléctrico

La perspectiva es a la disminución de costos de producción, por los siguientes motivos:

- Mayores presiones y temperaturas de producción de vapor, cada vez más cerca al punto crítico, 180 Bar de Presión y 450 ° C de temperatura de operación
- Mayor tamaño y economía de escala, con Calderos de 200 TM de capacidad y con un grado 100 % de automatización
- Método mundo, que utiliza aparte del bagazo, todo el rastrojo de la caña, aumentando hasta en un 50 % la capacidad calorífica
- Utilización de vapor en procesos industriales complementarios
- Venta de excedentes al sistema, pudiéndose acoger al sistema de prosumidor

#### 4.3.- DIMENSIONAR LAS INSTALACIONES ESTÁNDARES PARA ACUMULAR ENERGÍA DE HIDRÓGENO VERDE EN LA ELECTRIFICACIÓN DE MICRO REDES AISLADAS EN LAMBAYEQUE

En base a simulaciones, procederemos a determinar las dimensiones básicas de las instalaciones estándar, para acumular la energía a base de hidrogeno verde:

**Tabla 4. Primera Simulación de Pre dimensionamiento**

ESCENARIO BLOQUE 1,2,3										
ESCENARIO	%	DEMANDA DIARIA (kWh)	kWh NECESARIOS	HSE	ESTIMACION PERFORMANCE RATIO (PR)	CALCULOS POTENCIALES		POTENCIA mínima INVERSOR (kW)	N° DE INVERSORES NECESARIOS	
						NECESARIOS PANELES				
						Energía necesaria (kWh)	kWp			
INVIERNO	50	50	259,54			259,54	72,00	50,40	1	
	80	80	519,08	4,21	0,86	415,26	115,00	80,50	2	
	100	100	519,08			519,08	144,00	100,80	3	
PRIMAVERA	50	50	241,10			241,10	50,00	35,00	1	
	80	80	482,20	5,67	0,86	385,76	80,00	56,00	2	
	100	100	482,56			482,20	99,00	69,30	2	
OTOÑO	50	50	233,47			233,47	64,00	44,80	1	
	80	80	466,95	4,27	0,86	373,56	102,00	71,40	2	
	100	100	466,95			466,95	128,00	89,60	2	

ESCENARIO BLOQUE 4										
ESCENARIO	% COBERTURA	DEMANDA DIARIA (kWh)	kWh NECESARIOS	HSE	ESTIMACION PERFORMANCE RATIO (PR)	CALCULOS POTENCIALES		POTENCIA mínima INVERSOR (kW)	N° DE INVERSORES NECESARIOS	
						NECESARIOS PANELES				
						Energía necesaria (kWh)	kWp			
INVIERNO	50	50	286,27			286,27	79,00	55,30	2	
	80	80	572,54	4,21	0,86	458,03	127,00	88,90	2	
	100	100	572,52			572,54	158,00	110,60	3	
PRIMAVERA	50	50	265,97			265,97	55,00	38,50	1	
	80	80	531,95	5,67	0,86	425,56	88,00	61,60	2	
	100	100	531,95			531,95	110,00	77,00	2	
OTOÑO	50	50	256,57			256,57	70,00	49,00	1	
	80	80	513,14	4,27	0,86	410,51	112,00	78,40	2	
	100	100	513,14			513,14	140,00	98,00	2	

Fuente: Elaboración Propia

Durante la etapa de operación, a lo largo de todo el año, tenemos y obtenemos los siguientes datos, para los balances de oferta y demanda eléctrica:

**Tabla 5. Balance Oferta – Demanda Eléctrica**

INVIERNO										
	ESCENARIO 50%				ESCENARIO 80%			ESCENARIO 100%		
	Consumo (kWh)	Generación (kW)	Consumo		Generación (kW)	Consumo		Generación (kW)	Consumo	
		Salida trafo. Perdidas 3%	Directo	Excedentes	Salida trafo. Perdidas 3%	Directo	Excedentes	Salida trafo. Perdidas 3%	Directo	Excedentes
00:00:00	19,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00:00	15,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00:00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03:00:00	12,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00:00	12,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05:00:00	12,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00:00	15,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07:00:00	20,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00:00	22,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09:00:00	22,77	0,89	0,89	0,00	1,54	1,54	0,00	1,86	1,86	0,00
10:00:00	23,36	13,38	13,38	0,00	21,97	21,97	0,00	27,13	23,36	3,77
11:00:00	22,89	25,02	22,89	2,12	40,82	22,89	17,93	50,63	22,89	27,74
12:00:00	22,64	32,47	22,64	9,84	52,85	22,64	30,22	65,70	22,64	43,07
13:00:00	23,75	37,24	23,75	13,49	60,45	23,75	36,70	75,35	23,75	51,61
14:00:00	23,62	40,91	23,62	17,29	66,17	23,62	42,54	82,76	23,62	59,13
15:00:00	22,23	39,35	22,23	17,11	63,90	22,23	41,67	79,59	22,23	57,36
16:00:00	21,27	34,70	21,27	13,42	56,41	21,27	35,14	70,19	21,27	48,92
17:00:00	21,85	26,92	21,85	5,07	43,87	21,85	22,02	54,49	21,85	32,63
18:00:00	23,75	14,10	14,10	0,00	23,11	23,11	0,00	28,58	23,75	4,83
19:00:00	28,55	0,57	0,57	0,00	1,02	1,02	0,00	1,22	1,22	0,00

20:00:00	31,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00:00	32,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00:00	29,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00:00	24,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

Realizando un análisis, más detallado durante un día de semana (lunes a viernes), de Primera, obtenemos los siguientes datos secundarios, con los cuales trabajaremos en el dimensionamiento.

**Tabla 6. Mediciones día típico de primavera**

	Consumo (kWh)	ESCENARIO 50%			ESCENARIO 80%			ESCENARIO 100%		
		Generación (kW)	Consumo		Generación (kW)	Consumo		Generación (kW)	Consumo	
		Salida trafo.	Directo	Excedentes	Salida trafo.	Directo	Excedentes	Salida trafo.	Directo	Excedentes
		Perdidas 3%			Perdidas 3%			Perdidas 3%		
00:00:00	17,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00:00	14,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00:00	12,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03:00:00	12,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00:00	11,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05:00:00	12,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00:00	13,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07:00:00	17,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00:00	20,00	2,03	2,03	0,00	3,13	3,13	0,00	4,06	4,06	0,00
09:00:00	21,19	11,11	11,11	0,00	17,41	17,41	0,00	22,22	21,19	1,03
10:00:00	22,12	20,37	20,37	0,00	31,90	22,12	9,78	40,74	22,12	18,62
11:00:00	22,29	27,94	22,29	5,65	43,74	22,29	21,45	55,89	22,29	33,59
12:00:00	22,85	29,51	22,85	6,66	46,18	22,85	23,32	59,03	22,85	36,17
13:00:00	24,36	32,17	24,36	7,81	50,33	24,36	25,96	64,35	24,36	39,98
14:00:00	23,88	31,95	23,88	8,07	49,98	23,88	26,10	63,91	23,88	40,03
15:00:00	21,58	30,73	21,58	9,15	48,06	24,58	26,48	61,46	21,58	39,87
16:00:00	20,27	26,68	20,27	6,40	41,73	20,27	21,46	53,35	20,27	33,08
17:00:00	20,57	20,80	20,57	0,23	32,55	20,57	11,99	41,60	20,57	21,03
18:00:00	20,97	13,53	13,53	0,00	21,19	20,97	0,22	27,07	20,97	6,10
19:00:00	22,22	5,35	5,35	0,00	8,38	8,38	0,00	10,70	10,70	0,00
20:00:00	26,07	0,18	0,18	0,00	0,23	0,23	0,00	0,35	0,35	0,00
21:00:00	30,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00:00	27,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00:00	22,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

Llegando a poder elaborar los siguientes promedios anuales, como datos secundarios para el correspondiente posterior dimensionamiento:

**Tabla 7. Resumen de datos anualizados**

	INVIERNO		
	50%	80%	100%
Total, generación (kWh)	265,54	432,11	537,50
Consumo directo (kWh)	187,19	205,89	208,44
Excedentes brutos (kWh)	78,35	226,22	329,06
<b>Perdidas Roundtrip (kWh)</b>	<b>14,45</b>	<b>41,73</b>	<b>60,70</b>
Generación + almacenamiento disponibles para consumo (kWh)	251,09	390,38	476,80
Energía necesaria (kWh)	259,54	415,26	519,08
Diferencia (kWh)	-8,45	-24,88	-42,28
	PRIMAVERA		
	50%	80%	100%
Total, generación (kWh)	252,36	394,82	504,72
Consumo directo (kWh)	208,38	288,05	235,21
Excedentes brutos (kWh)	43,97	166,77	269,51
<b>Perdidas Roundtrip (kWh)</b>	<b>8,11</b>	<b>30,76</b>	<b>49,71</b>
Generación + almacenamiento disponibles para consumo (kWh)	244,25	364,05	455,00
Energía necesaria (kWh)	241,10	385,76	482,20
Diferencia (kWh)	3,15	-21,71	-27,20
	OTOÑO		
	50%	80%	100%
Total, generación (kWh)	229,41	366,57	459,30
Consumo directo (kWh)	181,08	194,63	200,95
Excedentes brutos (kWh)	48,32	171,94	258,35
<b>Perdidas Roundtrip (kWh)</b>	<b>8,91</b>	<b>31,72</b>	<b>47,66</b>
Generación + almacenamiento disponibles para consumo (kWh)	220,49	334,86	411,65
Energía necesaria (kWh)	233,47	373,56	466,95
Diferencia (kWh)	-12,98	-38,70	-55,30

Fuente: Elaboración Propia

Para elaborar los diagramas de carga, por bloques horarios, debemos de tener en cuenta la siguiente data secundaria:

**Tabla 8. Dimensionamiento eléctrico rural**

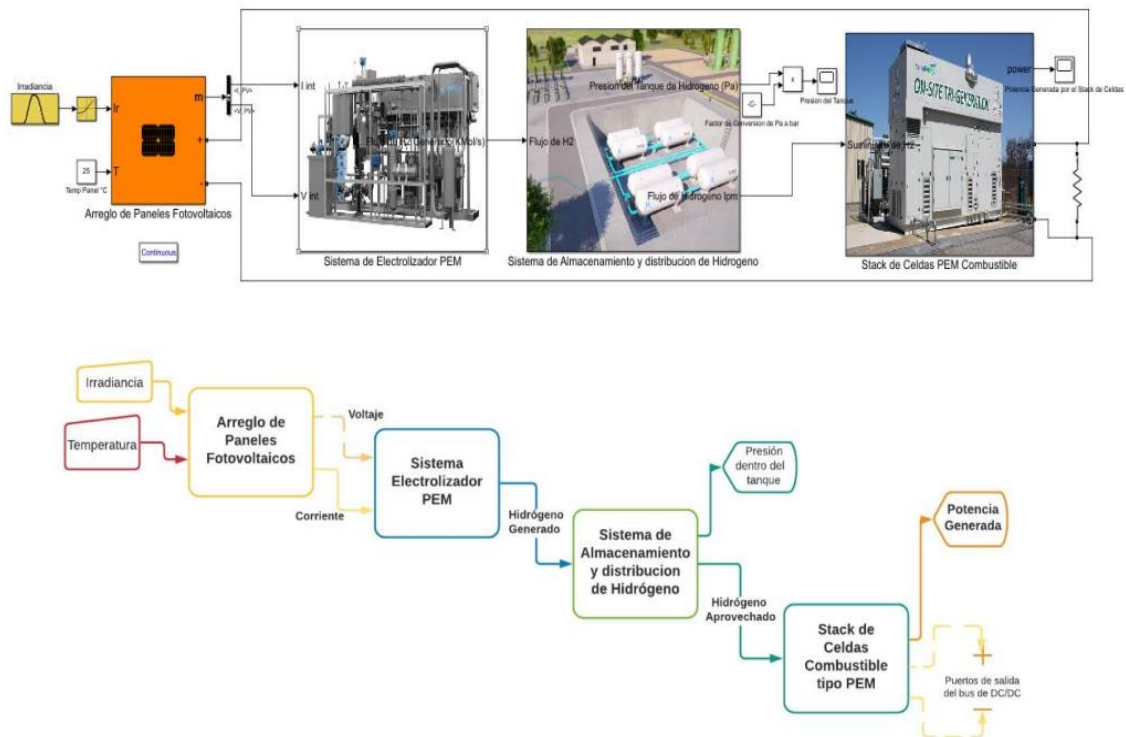
INVIERNO										
	ESCENARIO 50% INVIERNO				ESCENARIO 80%			ESCENARIO 100%		
Consumo (kWh)	Generación (kW)	Consumo		Generación (kW)	Consumo		Generación (kW)	Consumo		
	Salida trafo. Perdidas 3%	Directo	Excedentes	Salida trafo. Perdidas 3%	Directo	Excedentes	Salida trafo. Perdidas 3%	Directo	Excedentes	
00:00:00	22,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00:00	19,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00:00	17,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03:00:00	16,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00:00	16,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05:00:00	16,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00:00	19,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07:00:00	24,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00:00	22,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09:00:00	22,95	1,00	1,00	0,00	1,63	1,63	0,00	2,08	2,08	0,00
10:00:00	23,45	14,80	14,80	0,00	23,91	23,91	0,46	29,94	23,45	6,48
11:00:00	22,98	27,59	22,98	4,62	44,51	22,98	21,53	55,66	22,98	32,68
12:00:00	22,71	35,78	22,71	13,08	57,68	22,71	34,97	72,09	22,71	49,39
13:00:00	23,85	41,02	23,85	17,17	66,09	23,85	42,25	82,57	23,85	58,73
14:00:00	23,73	45,05	23,73	21,32	72,59	23,73	48,86	90,66	23,73	66,94
15:00:00	22,33	43,33	22,33	20,99	69,81	22,33	47,48	87,20	22,33	64,87
16:00:00	21,33	38,22	21,33	16,88	61,58	21,33	40,25	76,96	21,33	55,62
17:00:00	22,06	29,68	22,06	7,62	47,58	22,06	25,80	59,82	22,06	37,76
18:00:00	27,59	15,57	15,57	0,00	25,15	25,15	0,00	31,49	27,59	3,90
19:00:00	32,34	0,64	0,64	0,00	1,05	1,05	0,00	1,38	1,38	0,00
20:00:00	35,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00:00	36,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00:00	33,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00:00	28,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

La interrogante, para comparar la viabilidad, de un determinado sistema de generación y almacenamiento de hidrogeno y compararlo con un tradicional sistema de acumulación de baterías, implicar tener como mínimo que simular y modelar una por una de las etapas que conforman el sistema. La herramienta matemática mejor seleccionada por preferencia es el Matlab/Simulink, la cual, mediante el uso de sus librerías disponibles, se puede con facilidad inventar algoritmos en el script de Matlab y añadirlos por intermedio de cajas funcionales con parámetros de control y, de entrada. Continuando tenemos, que la figura 36 nos muestra un modelo del sistema de generación, aprovechamiento y almacenamiento de hidrogeno a partir de sistemas FV. Este modelo lo conforma



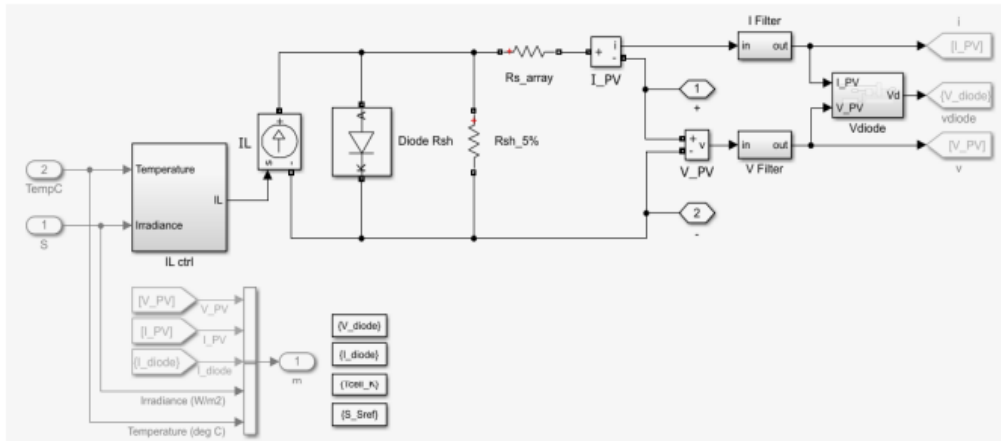
una primera etapa, que permite un trabajo en conjunto de con paneles fotovoltaicos (FV) a un sistema de electrolizadores portátiles y de última generación. La segunda etapa es la unión del sistema de generación de hidrogeno (Electrolizador), con el sistema de almacenamiento de hidrogeno. Y culminando con una tercera etapa, que está conformada por un grupo de celdas de combustible para la utilización del hidrogeno y así generar energía eléctrica. El fin de este modelo matemático del sistema autónomo de generación de energía a base del hidrogeno, es demostrar el trabajo de acumulación y de producción del hidrogeno, cuando cambian los parámetros como son: irradiación solar y la temperatura ambiente. Este modelo no tomará en cuenta la composición de suministro de agua, la carga al final de las celdas de combustible ni el autoconsumo de los equipos auxiliares.



**Figura 10. Modelamiento para el sistema de Generación y Almacenamiento de Hidrogeno**

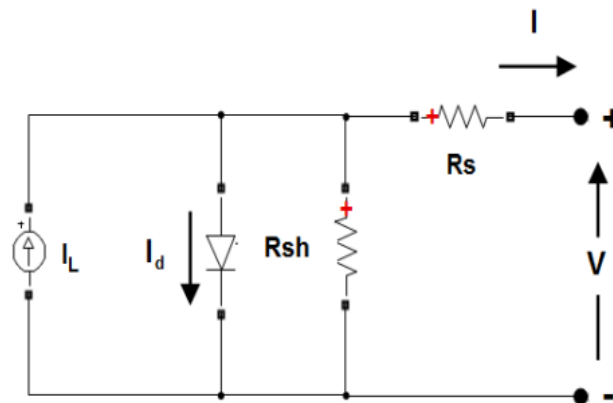
En el caso específico, del modelamiento del subsistema Solar-fotovoltaico, es representado, por cómo se encuentran las zonas de estudio climáticas en - Lambayeque se logra modelar el sistema fotovoltaico correspondiente para utilizar

la irradiación solar útil, el arreglo fotovoltaico logrado, como se muestra en la figura N.º 11



**Figura 11. Modelo del Sistema Solar Fotovoltaico Propuesto**

Se procede a especificar el comportamiento eléctrico interno que lo describe matemáticamente el funcionamiento de un panel solar fotovoltaico, de acuerdo al siguiente esquema Matemático Financiero:



**Figura 12. Modelo Simplificado del Arreglo Fotovoltaico**

Juega un rol muy importante de este modelo y por lo consiguiente del sistema de almacenamiento que incide en los grados de temperatura que se proponen para poder trabajar y a la presión donde se quiere llegar, es de acuerdo a esto donde radica la importancia de la ecuación, que dibuja el modelo del sistema de almacenamiento, y como el factor de compresibilidad del hidrógeno que se obtienen mediante presiones parciales, la cual es necesario conocerlas estas durante el

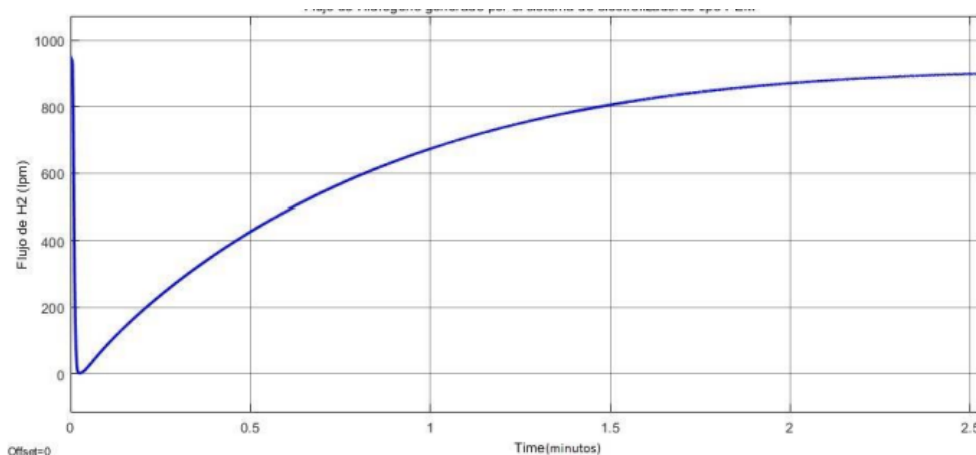
funcionamiento del sistema, para lo cual trabajaremos con la siguiente información secundaria:

**Tabla 9. Valores del factor de compresibilidad del hidrogeno a variadas temperaturas y presiones**

<i>Hydrogen Analysis Resource Center:</i>				<b>Hydrogen Compressibility (Z) at Different Temperatures (°C) and Pressures (MPa)</b>			
	<b>Pressure (MPa)</b>						
<b>Temperature (°C)</b>	<b>0,1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
-150	1,0003	1,0036	1,0259	1,0726	1,3711	1,7167	--
-125	1,0006	1,0058	1,0335	1,0782	1,3231	1,6017	2,2856
-100	1,0007	1,0066	1,0356	1,0778	1,2880	1,5216	2,1006
-75	1,0007	1,0068	1,0355	1,0751	1,2604	1,4620	1,9634
-50	1,0007	1,0067	1,0344	1,0714	1,2377	1,4153	1,8572
-25	1,0006	1,0065	1,0329	1,0675	1,2186	1,3776	1,7725
0	1,0006	1,0062	1,0313	1,0637	1,2022	1,3462	1,7032
25	1,0006	1,0059	1,0297	1,0601	1,1879	1,3197	1,6454
50	1,0006	1,0056	1,0281	1,0567	1,1755	1,2969	1,5964
75	1,0005	1,0053	1,0266	1,0536	1,1644	1,2770	1,5542
100	1,0005	1,0050	1,0252	1,0507	1,1546	1,2596	1,5175

Donde se puede apreciar en esta tabla sus valores, que tienen el factor de compresibilidad que balancea principalmente en función a los cambios altos de presión en paralelo con el delta de la temperatura, y para que el modelo funcione correctamente de la manera más simple donde se tome como referencia básicamente la temperatura que se desea conservar en el tanque de almacenamiento de Hidrógeno. Es debido a esto que se termina utilizando la subrutina denominada Mat Lab Function, en el cual se puede escribir una función MATLAB para usar en un modelo de Simulink, la función de MATLAB se realiza la simulación para que genere un código para un objetivo Simulink Coder. Estas ecuaciones nos permiten calcular el factor de compresibilidad mediante la ecuación de VanDerWaal, y basados a los volúmenes parciales y mediante esto, se utiliza para iterar dicho valor hasta obtener el valor absoluto para calcular así el valor del factor de compresibilidad del Hidrogeno según una base de datos interna que se encuentra dentro de la función

Así comenzando por el hidrógeno generado por el sistema de Electrolizadores, la cual se muestra en la figura 39, se muestra que para un tiempo de actuación de 150 Segundos más o menos dentro de ese margen o mucho más, el sistema de electrolizadores ya obtiene un valor estable de producción de valores cercanos a 900 lpm



**Figura 13. Flujo de H2, producido en los Electrolizadores**

Mediante los estudios realizados y los valores obtenidos, se disuelve los valores mecánicos y eléctricos para los sistemas de modelamiento desarrollado.

**Tabla 10. Valores mecánicos de las instalaciones fotovoltaicas**

<b>Módulo fotovoltaico</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Tipo	-	Monocrystalino
Eficiencia de modulo	%	16,40
Potencia máxima (P máx.)	Wp	275
Área de modulo	m2	0,95
TONC	°C	46
<b>Inversor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Potencia máxima de entrada DC	W	3070
Tensión MPP para potencia nominal	V	270-500
Potencia máxima de salida AC	W	3160
Potencia nominal AC	W	3000
Tensión nominal de red AC	V	230
Frecuencia de red	Hz	45-65
Eficiencia máxima	%	98,6

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11 Valores eléctricos de las instalaciones**

<b>Parámetros de entrada</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Potencia del inversor	KW	3,0
Potencia del generador fotovoltaico	kW	3,3
Productividad anual SFcR	kWh/kWp/año	1,900
Tasa de descuento	%	5
Inflación anual	%	4
Valor de la energía entregada por el SFcR	US\$/kWh	0,154
Tiempo de vida útil del SFcR	año	30
Costo del generador fotovoltaico	US\$/kWp	982
Costo del inversor	US\$/kW <sub>ac</sub>	833
Costo estructura soporte paneles FV	US\$/m <sup>2</sup>	65
Costo de accesorios	US\$/kWp	355
Costo servicios	US\$/kWp	939
Energía renovable producida	MWh/año	6,128

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.- DETERMINAR LOS PRESUPUESTOS, ANÁLISIS DE INGRESOS Y LA VIABILIDAD ECONÓMICA FINANCIERA DE LA ACUMULACIÓN DE ENERGÍA DE HIDRÓGENO VERDE EN ELECTRIFICACIÓN RURAL

Se trabajaran con las alternativas más frecuentes y usuales en las redes de generación distribuida del norte del Perú, principalmente en el territorio Lambayecano, es decir por el lado de la necesidad un conjunto de centros poblados pequeños, con el uso productivo de la energía eléctrica, para actividades productivas, que generen valor y riqueza en el medio rural, es decir la alternativa de biomasa y la alternativa solar fotovoltaica, aislada y con respaldo innovador de reservas en forma de hidrogeno verde ( es decir consta de un Hidrolizador, un tanque de almacenamiento de hidrogeno verde y una maquina denominada pila de combustible :

En cuanto a la demanda de energía eléctrica obtenidas por el Instituto de PERÚ ENERGÍA NORTE, está conformada por:

Centro Poblado de 15 Viviendas y un Local Comunal

Centro Poblado de 23 Viviendas y un Colegio de Nivel Primario

Centro de Producción de Productos lácteos (Quesos, Yogurt etc.), de capacidad mediana de procesamiento.

De acuerdo a la información de tipo secundaria obtenida por el Instituto de PERÚ ENERGÍA NORTE, en los años completos del 2019, 2020 y 2021, tendremos:

**Tabla 12. Diagrama de Carga 1 de 10 Módulos**

Máxima demanda típica en día de semana periodo años 2019 -2021-kw

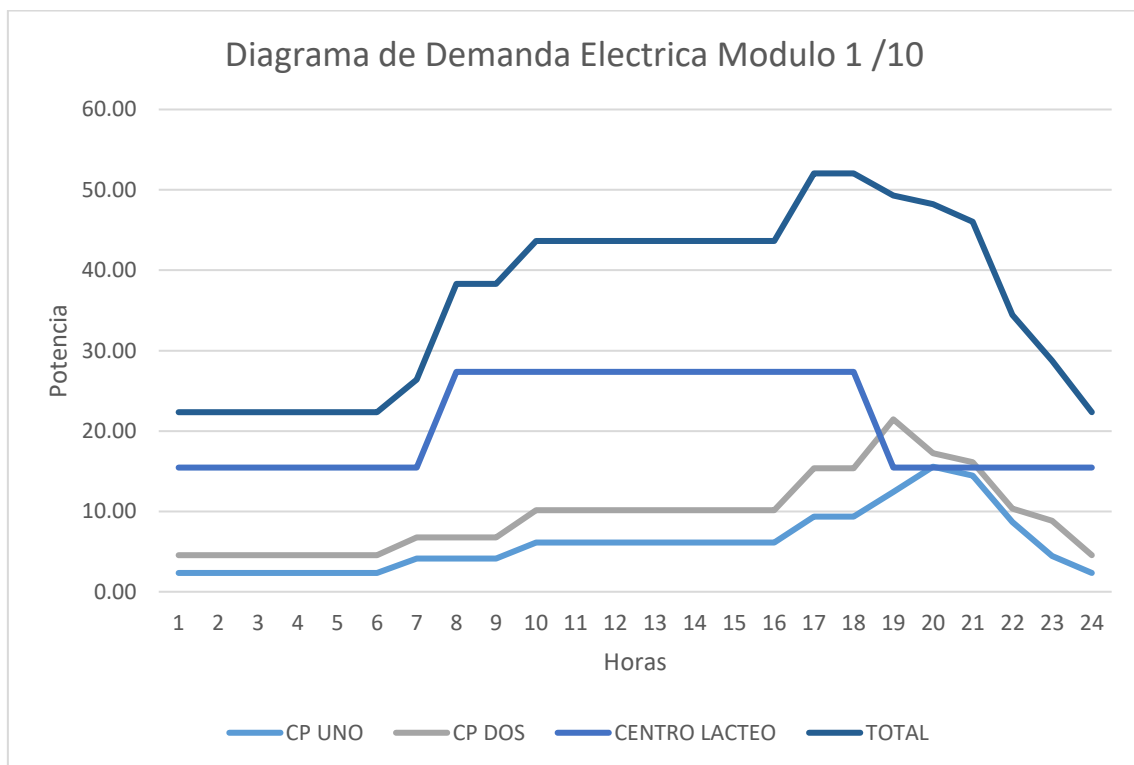
Modulo 1 de 10

HORA	CENTRO POBLADO 1	CENTRO POBLADO 2	CENTRO PROD. LACTEOS	DEMANDA TOTAL
1	2,34	4,55	15,45	22,34
2	2,34	4,55	15,45	22,34
3	2,34	4,55	15,45	22,34
4	2,34	4,55	15,45	22,34
5	2,34	4,55	15,45	22,34
6	2,34	4,55	15,45	22,34
7	4,15	6,78	15,45	26,38

8	4,15	6,78	27,36	38,29
9	4,15	6,78	27,36	38,29
10	6,12	10,15	27,36	43,63
11	6,12	10,15	27,36	43,63
12	6,12	10,15	27,36	43,63
13	6,12	10,15	27,36	43,63
14	6,12	10,15	27,36	43,63
15	6,12	10,15	27,36	43,63
16	6,12	10,15	27,36	43,63
17	9,34	15,35	27,36	52,05
18	9,34	15,35	27,36	52,05
19	12,40	21,45	15,45	49,30
20	15,56	17,22	15,45	48,23
21	14,45	16,12	15,45	46,02
22	8,67	10,33	15,45	34,45
23	4,45	8,85	15,45	28,75
24	2,34	4,55	15,45	22,34

Fuente: Instituto de PERÚ ENERGÍA NORTE

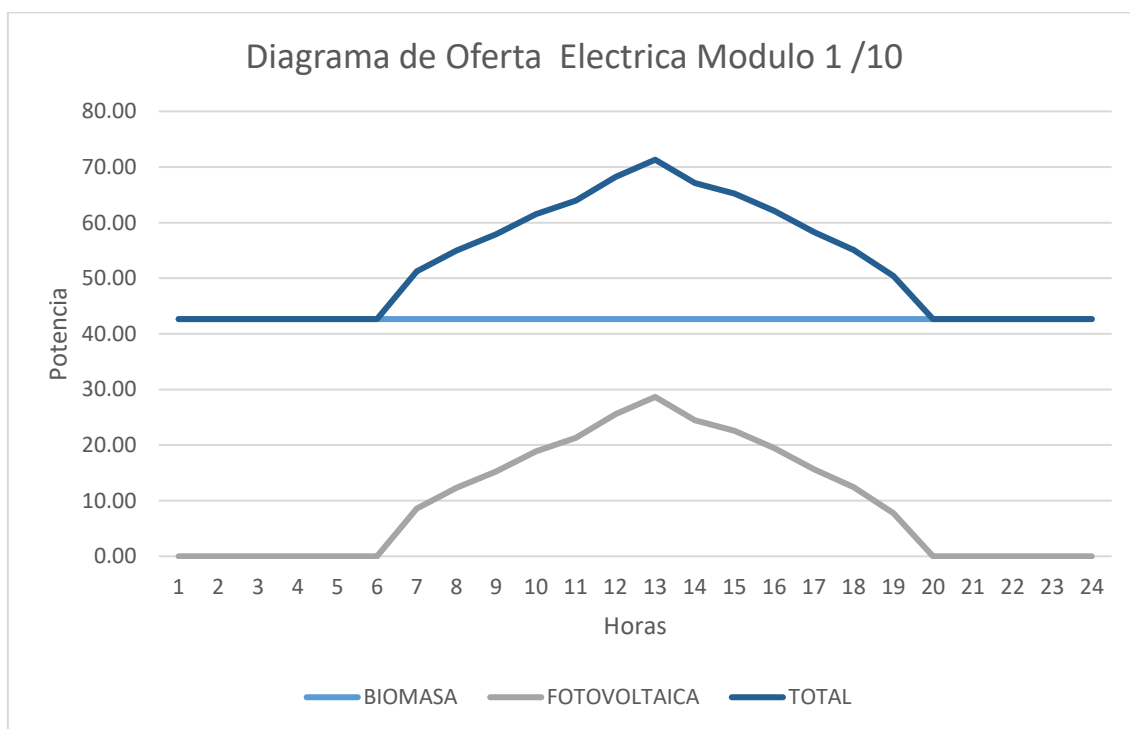
Los cuales se pueden representar gráficamente la demanda del módulo uno de Diez:



**Figura 14. Diagramas de carga en Centros Poblados Modulo Uno**

En cuanto a la oferta debemos de indicar, que en lo referente a la bioenergía de la biomasa esta es constante porque, la producción agrícola de Caña (en los cuatro ingenios azucareros de la región (Pomalca, Tuman, Pucala y Olmos) es uniforme todo el año, así como la producción de cascarilla se completa la producción del valle Chancay Lambayeque, con los valles de Jaén, Bagua etc. lo cual determina una producción uniforme sin importar el día de la semana, semana del mes o estación del año.

En cuanto a la producción fotovoltaica esta depende de las horas de sol, para lo cual nos guiaremos con la metodología Homer, metodología de estimación de la radiación solar, concordada con la metodología Nasa, Metodología RESET de la cooperación canadiense entre otros, lo cual nos determina las siguientes series históricas de datos:



**Figura 15. Diagrama de Oferta Eléctrica Disponible Promedio**

Con estos datos podemos determinar, cuál será la capacidad de almacenamiento necesario, para balancear la oferta y la demanda eléctrica, necesarias y presentes en esta actual situación energética.



Debemos hacer notar que el almacenamiento energético básicamente tiene dos alternativas,

Primero Baterías de litio en gel, de última generación, con una capacidad de almacenamiento de 0.50Kwhr / Kg de batería, a lo cual debemos de añadir los inversores, reguladores y controladores que los paneles solares necesitan, a lo cual debemos de agregar la capacidad de almacenamiento de los tanques de biogás a presión intermedia de 10 a 20 Bar

La Segunda y novedosa alternativa es la transformación a hidrogeno verde de marcada preferencia, para lo cual necesitamos un Hidrolizador (para producir el hidrogeno verde a partir de la electricidad como insumo principal) y una pila de combustible para convertir el hidrogeno verde en electricidad industrial, ambos equipos son de tecnología de punta en constante cambio y modernización, pero, sobre todo, con costos cada vez más reducidos, lo cual lo podemos definir en los cuadros adjuntos:

**Tabla 13. Nivel de Reservas en el Sistema Distribuido**

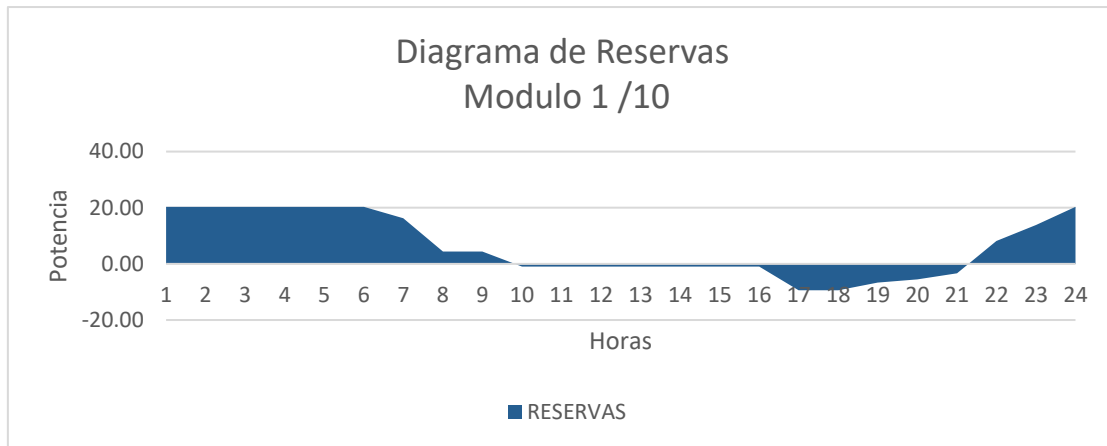
Máxima capacidad de almacenamiento en día de semana periodo años 2019 -2021- kw - Modulo 1 de 10

<b>Hora</b>	<b>Demanda total</b>	<b>Oferta total</b>	<b>Nivel de reservas</b>
1	22,34	42,65	20,31
2	22,34	42,65	20,31
3	22,34	42,65	20,31
4	22,34	42,65	20,31
5	22,34	42,65	20,31
6	22,34	42,65	20,31
7	26,38	42,65	16,27
8	38,29	42,65	4,36
9	38,29	42,65	4,36
10	43,63	42,65	-0,98
11	43,63	42,65	-0,98
12	43,63	42,65	-0,98
13	43,63	42,65	-0,98
14	43,63	42,65	-0,98
15	43,63	42,65	-0,98
16	43,63	42,65	-0,98
17	52,05	42,65	-9,40
18	52,05	42,65	-9,40
19	49,30	42,65	-6,65
20	48,23	42,65	-5,58
21	46,02	42,65	-3,37
22	34,45	42,65	-8,20

23	28,75	42,65	13,90
24	22,34	42,65	20,31

Fuente: Sayas (2021)

Que lo podemos representar en la figura 16 adjuntos de manera clara y concisa, esquemática e integral:



**Figura 16. Niveles de Reservas Necesarios**

De donde analizando el proceso de Producción, Consumo interno (Consumidor Libre o Regulado tradicional), Proceso de compra al sistema y Proceso de venta al sistema, las dos con la modalidad Net Billing, alternativa ya implementada en otros países y próxima a implementarse en nuestro País.

En forma diaria (En un día de semana, estación y condiciones normales):

Energía Producida Diaria: 1,023,60 KWhr/D

Energía Comprada al Sistema: 41,26 KWhr/D

Energía Vendida al Sistema: 189,26 KWhr/D

Con lo cual, de acuerdo a Pliego tarifario o contrato suscrito, debemos de tener presente los siguientes, ingresos Diarios, Mensuales y Anuales, que debemos de tener en cuenta, a un precio de S/ 0.45 /KWhr

Costo de Energía Diaria: S/ 460,62

Costo de Energía semana completa: S/ 3,224,34

Costo de Energía por Mes Típico: S/ 13,818,60

Costo por Año Promedio: S/ 165,823.20

En cuanto a la inversión inicial o CAPEX, está básicamente agrupada en Inversión para el sistema de Biodigestión y el Sistema solar fotovoltaica simple y tradicional, de acuerdo a los siguientes presupuestos:

Presupuesto de Biodigestores de acuerdo a modelos estándares y prevalentes en la actualidad:

**Tabla 14. Presupuesto de Bio Gasificadores**

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
<b>TRABAJOS PREVIOS Y SUMINISTRO</b>					
1	Estudios (Ambientales, Concesiones, etc.)	1	2.500	2.500	
2	Domo de Biodigestión, válvulas y ductos	1	10.200	10.200	
3	Tanques de Acumulación de Biogás	1	1.040	1.040	
4	Hidrolizador y Pila de Combustible	1	9.870	9.870	
5	Tanque de Acumulación de Hidrogeno	1	4.100	4.100	
<b>SUB TOTAL DE ESTUDIOS Y SUMINISTROS</b>					<b>27.710</b>
<b>TRABAJOS DE MONTAJES, PRUEBAS Y APUESTA A PUNTO</b>					
6	Excavaciones, Cimentaciones y estructuras	1		3.210	
7	Montaje de Biodigestor	1		3.500	
8	Montaje de Tanques de Biodigestor y Hidrogeno	1		4.600	
9	Instalación Eléctrica y Programación de PLC	1		3.200	
<b>SUB TOTAL DE MONTAJES, PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO</b>					<b>14.510</b>
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b>					<b>42.22</b>
<b>GASTOS GENERALES Y UTILIDAD</b>					<b>14.777</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>56.997</b>
<b>IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS</b>					<b>10.259</b>
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>67.256</b>

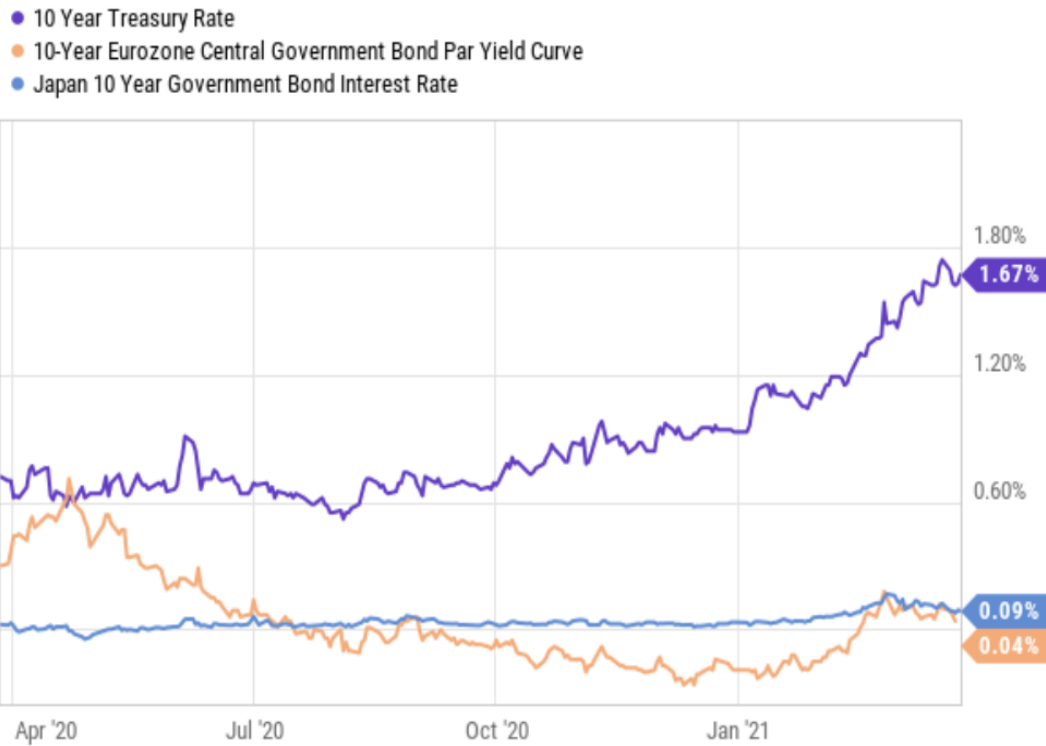
Fuente: Elaboración propia

Lo cual complementamos con el presupuesto de paneles solares fotovoltaicos de acuerdo al siguiente análisis de costos y precios unitarios:

**Tabla 15. Presupuesto de Paneles Fotovoltaicos – Modelo Simple**

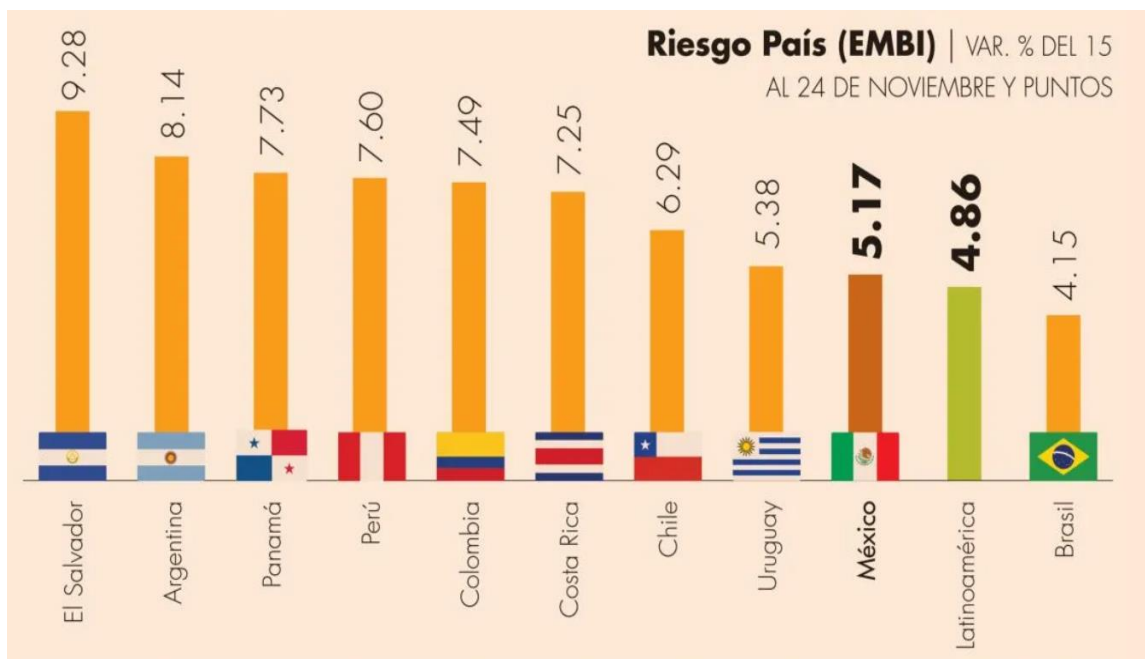
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>P. PARCIAL</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>TRABAJOS PREVIOS Y SUMINISTRO</b>					
1	Estudios (Ambientales, Concesiones, etc.)	1	3.250	3.250	
2	Cimentaciones y Caseta de sala de Paneles	1	14.530	14.530	
3	Redes Eléctricas de Distribución Secundaria	1	25.440	25.440	
4	Hidrolizador y Pila de Combustible	1	15.600	15.600	
5	Tanque de Acumulación de Hidrogeno	1	18.310	18.310	
<b>SUB TOTAL DE ESTUDIOS Y SUMINISTROS</b>					<b>77.130</b>
<b>TRABAJOS DE MONTAJES, PRUEBAS Y APUESTA A PUNTO</b>					
6	Excavaciones, Cimentaciones y estructuras	1	9.600	9.600	
7	Montaje de Paneles Solares, Convertidor, etc.	1	11.400	11.400	
8	Montaje de Tanques de Biodigestor y Hidrogeno	1	6.570	6.570	
9	Instalación Eléctrica y Programación de PLC	1	7.000	7.000	
<b>SUB TOTAL DE MONTAJES, PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO</b>					<b>14.510</b>
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b>					<b>111.7</b>
<b>GASTOS GENERALES Y UTILIDAD</b>					<b>39.095</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>150.795</b>
<b>IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS</b>					<b>27.143</b>
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>117.938</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17. Tasas de Interés Base (Curvas IS – LM)**

A lo cual hay que añadir los correspondientes sobre cargos, por riesgo País (Riesgo de repatriación de capitales, Riesgo político de variación de políticas macro económicas, Riesgo de comercio internacional etc.), que los podemos visualizar en los siguientes cuadros y gráficos:



**Figura 18. Tasa de Riesgo País en Latinoamérica**

PAÍS	2019	2018	2017	2016
Perú	1.07	1.68	1.36	1.70
Chile	1.35	1.66	1.17	1.58
Uruguay	1.48	2.07	1.46	2.44
Colombia	1.61	2.28	1.73	2.25
Paraguay	2.03	2.60	2.00	2.81
Brasil	2.12	2.73	2.32	3.30
Bolivia	2.18	3.78	2.03	0.83
<b>Ecuador</b>	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	<b>4.59</b>	<b>6.47</b>
Argentina	17.44	8.17	3.51	4.55
Venezuela	147.40	68.45	48.54	21.68

**Figura 19. Riesgo País en el Tiempo en Latinoamérica**

Finalmente, las consideraciones de riesgo por tipo de negocio nos determinan, lo siguiente:

## Tabla 16. Tasa de Interés Riesgo Negocio

Tasa de interés interbancarias de Equilibrio (TIIE, cotización a 28 días)

PERIODO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Enero	8.41	7.41	7.93	8.41	4.91	4.86	4.79	4.84	3.78	3.29	3.56	6.15	7.66
Febrero	7.97	7.46	7.93	7.94	4.92	4.84	4.78	4.80	3.79	3.29	4.05	6.61	7.83
Marzo	7.68	7.46	7.93	7.64	4.92	4.84	4.77	4.35	3.81	3.30	4.07	6.68	7.85
Abril	7.51	7.47	7.94	6.68	4.94	4.85	4.75	4.33	3.80	3.30	4.07	6.89	7.85
Mayo	7.32	7.70	7.93	5.78	4.94	4.85	4.76	4.30	3.79	3.30	4.10	7.15	7.86
Junio	7.33	7.70	8.00	5.26	4.94	4.85	4.77	4.31	3.31	3.30	4.11	7.36	8.10
Julio	7.31	7.70	8.28	4.92	4.92	4.82	4.78	4.32	3.31	3.31	4.59	7.38	
Agosto	7.30	7.71	8.56	4.89	4.90	4.81	4.79	4.30	3.30	3.33	4.60	7.38	
Setiembre	7.31	7.70	8.66	4.91	4.90	4.78	4.81	4.03	3.29	3.33	4.67	7.38	
Octubre	7.31	7.73	8.68	4.91	4.87	4.79	4.83	3.78	3.28	3.30	5.11	7.38	
Noviembre	7.30	7.93	8.73	4.93	4.87	4.80	4.85	3.80	3.31	3.32	5.57	7.39	
Diciembre	7.34	7.93	8.74	4.93	4.89	4.79	4.85	3.79	3.31	3.55	6.11	7.62	

Fuente: Elaboración Propia

Elaboramos el flujo de caja correspondiente:

**Tabla 17. Flujo de Caja de la Inversión**

Flujo de caja a precios privados periodo 2023- 2032

<b>AÑO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INGRESOS</b>	0.00	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20	165823.20
<b>EGRESOS</b>	254194.00	36799.10	5516.87	827.53	124.13	18.62	2.79	0.42	0.06	0.01	0.00
<b>UTILIDAD</b>	-254194.00	129044.10	160306.34	164995.67	165699.07	165804.58	165820.41	165822.78	165823.14	165823.19	165823.20
<b>VALOR ACTUAL NETO</b>			688184.49								
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>			61%								



## V. DISCUSIÓN

Con respecto al autor Peraldo que realizó un estudio de energía no renovable rentable en los campos de petróleo, que este a su vez concluyó que en aquellos pozos donde se obtienen el combustible para la obtención de energía siempre iban a iniciar con un gran incremento de recurso para la población, pero con el pasar del tiempo este no se iba a incrementar, sino que poco a poco iba a sufrir un decrecimiento del recurso de energía, esto conlleva a que debemos de buscar mejores soluciones para obtener energía, pero que sea del tipo renovable así no contaminaríamos el medio ambiente sino también este no tendría un tiempo límite como es el caso de la biomasa, que pasa todo lo contrario con respecto al petróleo, ya que brinda una buena energía, pero sobre todo natural y renovable, siendo esta de un menor presupuesto que la energía que brinda el petróleo, ya que genera un gran gasto y contaminación al planeta. Debemos indagar más acerca de la biomasa y el hidrógeno ya que es un método renovable y económico para los sistemas eléctricos rurales de Lambayeque.

El investigador Berestien en su estudio afiliado a los gases tóxicos que se presentan en todo el alrededor del mundo, cuyo estudio tiene como propósito fue crear energía a favor de la humanidad, estudiando el CO<sub>2</sub> de forma natural a una razón de 250 a 350 ppm, de esa manera eliminar un gran porcentaje de la contaminación del planeta, pero este proyecto fue de presupuesto muy elevado, así que solo quedó reflejado en análisis y proyectos impresos, en cambio si se hubieran planteado en esos tiempos el caso de producir energía renovable por medio de la biomasa esto sería rentable en aquellos tiempos y en nuestra actualidad ya habrían grandes hazañas con grandes resultados con respecto a la energía renovable mediante el hidrógeno y la biomasa.

Con respecto al investigador Gorbitz que en su caso se interesó mucho en el estudio científico y tecnológico, mediante su artículo científico basado en el estudio de la biomasa, determinó que la biomasa sería un gran hallazgo en el futuro, esto nos aclara producto a su minucioso estudio diciendo con certeza que es uno de los recursos renovables que hay en todo el planeta y con ello podríamos obtener una energía limpia, renovable y sobre todo de un presupuesto cómodo, caso a ello concuerdo con él, ya que esta energía es creada mediante residuos naturales como

el gajazo de la caña de azúcar, aparte de ello es de origen renovable (no contamina al medio ambiente), siendo esta una gran oportunidad de eliminar gran cantidad porcentual de dióxido de carbono del medio ambiente y con esto brindar una mejor calidad de vida a nuestras futuras generaciones. Posterior a ello a comparación de otros sistemas que brindan energía, la biomasa resulta ser muy económico, así como lo aclara el investigador en su mencionado artículo científico.

También concordamos con el autor Calizaya que en su artículo científico nos brinda una información acertada, determinando que los procesos de obtención de energía con respecto a los trabajos de biomasa tienen una división de 2 clases o niveles generales que son los procesos biológicos y los procesos termoquímico. El autor también llegó a una exhaustiva conclusión que es de nuestra aprobación, diciendo que la biomasa es considerada la principal materia para la obtención del biohidrógeno, junto a ella aclara que es muy rentable utilizarla, pero por falta de investigaciones acerca de la biomasa en nuestra región, la población en general no cuenta con conocimientos ante el tema de la generación de energía mediante la biomasa e hidrógeno.

En una investigación más detallada y moderna brindado por el autor Guerrero, cuya finalidad de estudio es el proceso del desarrollo de la celda electrolisis microbianas, que consiste en un tecnología más avanzada que une los principios de operación de un reactor anaeróbico de una biomasa fija, con este autor tenemos una mayor concordancia ya que podemos decir que mientras más estudiemos acerca de la biomasa, esta será de mucho mayor utilidad para la obtención de energía renovable, mediante los sistemas de energías. Realmente el autor se dio cuenta que con la biomasa podría generar bastante energía renovable y rentable. El autor concluye que en el catado existe un ambiente anaeróbico y es en ese momento donde ocurre la producción del hidrógeno.

El autor Guliett en su investigación sobre la biomasa nos afirma que el hidrógeno verde es una gran oportunidad para el país, por lo que contiene un gran nivel de potencial de energía renovable no convencional, eólica en el norte como es en la ciudad de Chiclayo y en el sur con el sistema solar fotovoltaica y térmica, pero sobre todo el norte de nuestro Perú es una gran fuente de recursos de biomasa. Ante ello el autor a base de la agencia internacional de energía y de apoyo consultoría

señalan que, en el Perú, básicamente en el norte peruano se podría crear y permitir la producción del hidrógeno más competitivo del planeta. Ante ello concordamos con el autor, ya que por medio de estudios minuciosos realizado en nuestros resultados hemos llegado a la conclusión que el norte es muy rico en biomasa, ya que en Chiclayo – Lambayeque hay variedades de recursos renovables naturales como es el residuo del maíz, café y principalmente el gabazo de la caña de azúcar, donde somos cosechadores y productores de esta planta originaria del norte del Perú.

Por su lado el investigador Jiménez ha realizado investigaciones en el campo de las micro redes que esta opción sería de gran ayuda a los centros rurales y vulnerables. Nos dice que las micro redes se observan como elementos energéticos que pueden ser aprovechadas en pequeñas escalas, las micro redes aparecen como una gran opción confiables y sostenible con los medios de almacenamiento de energía que la tecnología de hidrógeno verde nos brinda. El autor también se afianza que las redes distribuidas inteligentes puede ser el mejor recurso energético para la pobreza energética, cosa que también estamos de acuerdo, ya que por medio de nuestros estudios la energía renovable natural en los tiempos futuros será la biomasa y el hidrógeno.

En estos tiempos actuales el investigador Amell, mediante sus investigaciones nos comenta que las actuales tendencias tecnológicas del siglo a nivel internacional es sobre el tema la trayectoria disruptiva para la producción y la utilización para la obtención de energía de hidrógeno mediante la biomasa, el propósito del autor es darle a conocer a la población sobre este gran método para la obtención de energía, y que apuesten más por este tipo de alternativa de generación de energía, donde personalmente estamos de acuerdo con el investigador, ya que es una buena alternativa para generar energía de la forma más saludable y económica posible para la población Chiclayana y el resto del Perú.

Cabe mencionar que estudiador Rifkin mediante su investigación La economía del hidrógeno se ha promovido durante mucho tiempo como base disruptiva de un futuro con bajas emisiones de carbono, cuyo propósito fue determinar el consenso sobre los detalles cuantitativos de ese futuro, con algunos líderes de opinión preocupados por la falta de demanda y otros despreciando limitaciones del

hidrógeno, estamos de acuerdo ya que por medio de la obtención de energía mediante el hidrógeno y la biomasa obtendremos un 40% de la disminución de gastos que la obtención de energía mediante paneles fotovoltaicos, pero muchas personas no tienen el conocimiento de realizar este sistema energético renovable y optan por sistemas tradicionales como son los paneles solares y los aerogeneradores.

Con respecto al investigador Sazali en su artículo de investigación sobre la salud y la seguridad del hidrógeno verde. El autor tiene por finalidad dar a comprender los peligros inherentes del hidrógeno lo cual es esencial antes de su uso generalizado para el transporte marítimo mundial, debiéndose evaluar varios factores como la inflamabilidad, inestabilidad y otros peligros especiales, en este caso concordamos con el autor ya que en la vida marítima la energía mediante el hidrógeno les resulta mucho más rentable, pero a su vez es mucho más peligroso, ya que en esta ocasión estar en el mar es no contar con estabilidad necesaria para este tipo de energía y esta resulta ser muy inflamable. El autor compara brevemente los peligros de hidrógeno a otras fuentes de energía representativas basadas en los cuatro estándares NFPA 704: salud, inflamabilidad, inestabilidad, y peligros especiales. Desde la perspectiva de la salud e inestabilidad, el hidrógeno líquido (LH2) es inherentemente el más seguro en relación con otros combustibles con una calificación de 0 en ambas categorías.

## VI.- CONCLUSIONES

Mediante lo investigado se determinó la enorme potencialidad del medio rural, para la utilización de las energía renovables no convencionales y para la producción de hidrogeno verde, con la utilización de la tecnología solar fotovoltaica con acumulación en tanques de hidrogeno verde, realizado mediante el proceso de hidrolisis, después de manera necesaria y complementaria el proceso de pilas de combustible , así mismo la utilización de la biomasa ( tanto de cultivos industriales tales como la cáscara de arroz y el bagazo de la caña de azúcar, residuos sólidos urbanos , entre otros fuentes de materia prima energética ), ya que es muy útil para brindar energía eléctrica.

Después de un largo y detallado estudio y comparación entre ambas tecnologías como es la solar y la biomasa para saber la mejor rentabilidad en la ciudad de Chiclayo, se determinó que la energía en biomasa es más rentable, ya que se utiliza residuos como el gabazo de la caña de azúcar, entre otros residuos naturales de plantas y árboles que permite reducir costos de inversión admirable como es el costo total de 67.256 soles a comparación de los paneles solares que asciende a un costo de 117.938 soles, haciendo que la inversión en biomasa sea mucho menor que los paneles solares.

Proveniente a nuestra investigación se determinó dos alternativas para el almacenamiento energético; la primera alternativa tiene una capacidad de almacenamiento de 0.50Kwhr / Kg de batería, a lo cual debemos agregar la capacidad de almacenamiento de los tanques de biogás una presión intermedia de 10 a 20 Bar, por otro lado la segunda alternativa, siendo esta más novedosa y rentable que trata de la transformación a hidrogeno verde de marcada preferencia, para el cual se necesitó contar con un Hidrolizador (para producir el hidrogeno verde a partir de la electricidad como insumo principal) y una pila de combustible para convertir el hidrogeno verde en electricidad industrial, ambos equipos son de tecnología de punta en constante cambio y modernización, pero, sobre todo, de menor presupuesto, siendo de menor contaminación y favorables para la electrificación rural de Lambayeque.

Se realizaron los respectivos análisis presupuestales, de los ingresos obtenidos y la viabilidad económica financiera de la acumulación de energía de hidrogeno verde en electrificación rural, con los esquemas de venta al sistema interconectado, para consumo propio y del sistema, determinando los montos a facturar por día, semana, mes y año típicos.

Siendo esta una menor inversión en la biomasa que la energía por paneles solares con cifras de 67.256 soles para la inversión en biomasa, mientras que el presupuesto se eleva a 117.938 soles en el caso de la instalación de paneles solares. Ante ello se elaboraron los presupuestos técnicos de suministro y montaje, con los adecuados márgenes de gastos generales, utilidad e impuesto general a las ventas, para en base de un periodo de vida de 10 años, una tasa de costo ponderado de capital del orden del 12 % y un valor de recupero de 0 % al final de la vida del proyecto. Recalcando el valor actual neto de 688,184.49 soles y la tasa interna de retorno de 61%

## **VI.- RECOMENDACIONES**

Se deben continuar las investigaciones, orientadas al desarrollo de la acumulación de hidrogeno verde, en la generación distribuida rural y con énfasis a la biomasa, recurso energético abundante en la región norte del Perú y de costo menor que otros sistemas, como el fotovoltaico.

## REFERENCIAS

- Ackermann, T. (2021). *Generacion distribuida, una definicion, investigacion de sistemas electricos*. CORDOVA: ARGENTA.
- Alanne, K. (2016). *Distributed Energy generation and sustainable development*. DENVER: COLORADO.
- Amell, A. (2019). *Asociaciones de Empresas en Innovaciones Energeticas* . TARAPOTO: UNAT.
- Anzieta, J. (2017). *Proyecciones en el Mercado de Hidrogeno Mundial* . MIAMI: UTHEA.
- Arcelles, P. (2019). *Reemplazo de las Reservas Frias con Generacion de Hidrogeno* . LIMA: UNI.
- Auditoria General de la Nacion* . (2019). Buenos Aires: PERMER.
- Berestien, W. (2018). *Tipologia de los efectos del CO2 en la salud publica de los seres Humanos* . BOSTON : MAYO.
- Botero, M. (2019). *Biomasa Residual Pecuaria , revision sobre la digestion anaerobica como metodo de peroduccin de energia*. BUENOS AIRES : UIS INGENIERIAS.
- Bradfer, J. (2019). *La transicion al hidrogeno esta bloqueada por un bloqueo tecnologicos a favor de los combustibles fosiles* . BOGOTA: JAVERINA.
- Braun, B. (2016). *Justicia, Naturaleza y Geografica de la Diferenica* . BOGOTA: WILLEY.
- Calizaya, P. (2017). Produccion de Hidrogeno renovable a partir de corrientes residuales . *Ingenieria Mecanica* , 45 - 51.
- Camac, D. (2020). *Hidrogeno verde en la Nueva Matriz energetica Peruana* . LIMA : PEARSON.
- Canova, J. (2019). *Posibilidades del Hidrogeno en America Latina* . SANTIAGO: MIR.



- Carriso, S. (2017). *Riesgos y Seguridad en el Manejo del Biogas en una planta de tratamiento de agua* . Buenos Aires : FEMISCA.
- Chavarria, M. (2020). *Modelo de utilizacion de Vehiculo de servicio Publico en America Latina* . BOGOTA: INGENIUS .
- Cuaila, J. (2017). *Produccion de Biogas y Biol*. TACNA: DIMAS.
- Curran, D. (2018). *Systemes energetiques et espace geographique* . LIMA: MacGraw.
- Delgado, E. (2019). Prospectiva Latino Americana del Hidrogeno Verde . *RISIGED*, 35- 50.
- Durand, S. (2016). *Crecimiento Poblacional en la Historia de la Humanidad* . Miami: WILLEY.
- Durix, C. (2018). *Maximizar los usos productivos de la electricidad* . LIMA: DURAN.
- Echegaray, L. (2019). *Y despues de Paris, que pasara, un estudio de prospectiva*. Miami: SONS.
- Espacios Publicos . (2018). *Funciones energeticas rurales para sustentar las zonas urbanas*. MAR DEL PLATA: EPIROC.
- Gagnon, R. (2018). *El declive de la produccion de Petroleo*. Mexico: ATLAS.
- Garcia, O. (2018). *Pobreza energetica en America Latina* . BOGOTA: MIR.
- Gereda, T. (2018). *El Hidrogeno Verde en la Industria del Transporte*. SANTIAGO : SPRINGLER .
- Gonzales, B. (2016). *El futuro del Hidrogeno Verde en America Latina* . BOGOTA: LIMUSA.
- Gorbitz, A. (2019). Biomasa un mundo de Oportunidades . *Ciencia y Energia*, 45 - 49.
- Guerrero, R. (2019). *Biotechnologia de la produccion del Hidrogeno Verde*. Mexico: WILLEY.
- Guliett, G. (2020). *Importancia estrategica del Hidrogeno Verde* . LIMA: PUCP.

- Hall, H. (2017). *Rentabilidad Energetica en las actividades Extractivas* . Houston : REVERTE.
- Hilbert, S. (2017). *Estudio de caso Preliminar de Generacion Electrica* . Buenos Aires: CASTILLO.
- IRENA. (2018). *Hydrogen from Renewable Power*. MIAMI: IRENA.
- IRENA. (2019). *Micro Redes Renovables*. Mexico: ATHENEO.
- IRENA. (2021). Utilizacion del Hidrogeno Verde en la Electrificacion Rural . *Energy News*, 35 - 40.
- Jacinto, G. (2019). *Ingenieria Sanitaria y Ambiental* . Santiago: MIR.
- Jimenez, G. (2018). *Micro Redes en la Electrificacion Rural* . LIMA: UNI.
- Kozulj, R. (2015). *La crisis energetica de la argentina, origenes y perspectivas* . MENDOZA: BARILOCHE.
- Laherrere, J. (2018). The end of Cheap Oil. x(2).
- Lewis, N. (2017). *Cost - Effective solar energy use*. DENVER: SCIENCE.
- Luciana, G. (2018). *Energias y Territorios en Argentina* . ROSARIO: CIENCIA.
- MINEM. (2021). *Avances del Plan Nacional de Electrificacion Rural* . Lima: MINEM.
- Montani, P. (2016). *Hidrogeno Verde en la Cuencia del Rio de la Plata*. MONTEVIDEO: LIMUSA.
- Moreno, P. (2018). *Biogas de residuos agroindustriales , panorama e perspectivas* . Buenos Aires : REVERTE.
- Motta, E. (2018). *Proyectos de Hidrogeno Verde en el Mundo*. MIAMI: WILLEY.
- Nigris, M. (2017). *Smart grids in Latin America and the Caribbean* . LIMA: UNIFIM.
- Nogar, A. (2017). *Accesibilidad e inclusion energetica, Oportunidades y amaesiaas*. LAPLATA: REVERTE.
- Ñahui, J. (2018). *La tecnologia de la combustion y su influencia en el efecto invernadero*. Lima: UNI.

- Ocampo, L. (2019). *Prospectivas del Balance oferta y demanda de Petroleo y derivados* . Madrid: IPENSA.
- Patterson , A. (2018). *Pronosticos Heuristicos del Aumento de la Temperatura* . Bogota: PIRCA.
- Pedraza, G. (2018). *Oportunidades para el Desarrollo de un sector sostenible de Biodigestores* . CORDOVA: REDBIOLAC.
- PEMEX. (2015). *Picos de Petroleo en el Mundo*. Mexico: PEMEX.
- Peña, S. (2019). *Sistemas Hibridos, Alternativa Grupo Electrogeno*. Bogota: REVERTE.
- Peraldo, A. (2017). *La Curva logistica de hubert, su analisis en el Tiempo*. BOGOTA: LIMUSA.
- Rifkin, J. (2018). *The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of power on Earth*. New York: TARCHER.
- SAMPIERI HERNANDEZ, R. (2010). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. Mexico.
- Sanabria, A. (2018). *La Economia del Carbono* . Montevideo: REVERTE.
- Sazali, N. (2020). *Emerging technologies by Hydrogen* . DENVER: SPRINGLER.
- Souza, B. (2018). *gEOGRAPHIE de la Energia* . Bogota: LEMOS.
- Webster, T. (2018). *La Coyuntura Actual y el Agotamiento del Petroleo, Decisiones a tmar* . Lima: LIMUSA.
- Williams, E. (2017). *Energia Renovable en Argentina , cambio de paradigma y oportunidades para su dewsarrollo*. La Plata: REVERTE.

## ANEXOS

Anexo 01: Tabla de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
<p><b>Variable independiente:</b> Factibilidad de la Generación de Hidrogeno Verde</p>	<p>Es el sistema que utiliza tecnología avanzada en la producción a base de <b>hidrólisis</b> y su almacenamiento en <b>tanques</b>, es decir, la utilización del hidrógeno verde será a base de la <b>pila de combustible</b> a partir de la energía fotovoltaica, por ello se abastece y el excedente se almacena para poder abastecer el diagrama de un centro poblado rural. (Camac, 2021).</p>	<p>Será analizado a través de la técnica de análisis de documentos, donde se hará un seguimiento de investigación acerca de la producción, almacenamiento y uso del hidrogeno verde.</p>	<p>Proceso de Hidrolisis</p> <p>Almacenamiento en tanques</p> <p>Pila de combustible</p>	<p>Potencia kW</p> <p>Cantidad de energía almacenada</p> <p>Consumo de energía en kWhr</p>	<p>Razón</p>
<p><b>Variable dependiente:</b> Micro redes Renovables distribuidas</p>	<p>Es el medio que brinda energía eléctrica en el Perú, por medio de la electrificación rural y Redes renovables distribuidas podemos precisar que hay una disminución de pobreza energética y aumentar porcentaje de cobertura, dentro del proceso de desarrollo sostenible (Dávila, 2021).</p>	<p>Sera medido a través del análisis de documentos donde se investigará tanto en libros, revistas y folletos acerca de la cobertura eléctrica rural.</p>	<p>Disminución de pobreza energética y Porcentaje de cobertura.</p>	<p>Porcentaje de cobertura</p>	<p>Razón</p>

Anexo 02: Documentos obtenidos para la selección

<b>Documentos obtenidos para la investigación</b>		
<b>Páginas web</b>	<b>Tema</b>	<b>Cantidad</b>
SCOPUS	Energía moderna mediante la generación del hidrógeno.	07
SCIELO	Biomass: Modern energy through the generation of hydrogen.	05
REDALYC	Hidrógeno verde: Calidad y rentabilidad.	15
EBESCO	Obtaining rural energy through green hydrogen	08

## ANEXO 03 Demanda máxima y energía producida en Lambayeque



Fuente: Sayas (2021)



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

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

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Factibilidad de la Generación de Hidrógeno Verde en Microrredes Renovables distribuidas", cuyo autor es MENDOZA VENTURA CARLOS HUMBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 22 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS <b>DNI:</b> 16720249 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 22- 07-2022 20:18:31

Código documento Trilce: TRI - 0361885