



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Mejora de celdas para la producción de hidrógeno en el Sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Claverias Atajo, Helberth Augusto (orcid.org/0000-0001-9376-5747)

Bustamante Villanueva, Fred Angel (orcid.org/0000-0003-1191-4580)

ASESORA:

Mgr. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedicamos esta investigación a nuestras familias, por habernos siempre brindado su apoyo incondicional, fungiendo así el papel de soporte emocional y afectivo.

Agradecimiento

Agradecemos de manera muy especial a nuestra estimada docente, la Ing. Nelly Roxana Sovero Lazo, por haber tenido la paciencia y la voluntad de abordar con ánimos nuestras dudas, además de mantener en todo momento un excelente trato para con nosotros. A nuestro mentor Ing. Yury Vasquez quien durante sus enseñanzas nos inculco la pasión por la investigación. Asimismo, queremos dar las gracias a la Universidad César Vallejo, por hacer llegar a todos los rincones del Perú una educación de calidad, ayudando así al desarrollo de nuestra sociedad.

Índice de contenidos

<i>Resumen</i>	<i>viii</i>
<i>Abstract</i>	<i>ix</i>
<i>I. INTRODUCCIÓN</i>	<i>10</i>
<i>II. MARCO TEÓRICO</i>	<i>13</i>
<i>III. METODOLOGÍA</i>	<i>5</i>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	5
3.1.1. Tipo de investigación.....	5
3.1.2. Diseño de investigación	5
3.2. Variables y operacionalización	6
3.2.1. Variable Independiente	6
3.2.2. Variable Dependiente.....	6
3.2.3. Operacionalización.....	6
3.3. Población, muestra y muestreo	7
3.3.1. La población	7
3.3.2. La muestra	7
3.3.3. El muestreo	7
3.3.4. Unidad de análisis.....	7
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	8
3.4.1. Técnica de recolección de datos.....	8
3.4.2. Instrumentos	8
3.5. Procedimiento.....	8
3.6. Métodos de análisis estadístico	9
3.7. Aspectos éticos.....	9
<i>IV. RESULTADOS</i>	<i>10</i>
4.1. Descripción del sistema de producción de hidrogeno.....	10
4.2. Criterio de diseño de las celdas de producción de hidrogeno.....	11
4.3. Detalle de los componentes del sistema de hidrogeno.....	13

4.4. Operación de sistema de producción de hidrogeno.....	13
4.5. Simulación de presiones en las celdas SHR1-002	15
4.6. Toma de datos a capacidad técnica límite de las celdas de producción.	17
4.7. Análisis de la simulación de datos sobre la producción de hidrogeno ...	20
4.8. Respecto al Objetivo General:	28
4.9. Respecto al Objetivo Específico 1	32
4.10. Respecto al Objetivo Específico 2	36
4.11. Respecto al Objetivo Específico 3	39
V. <i>DISCUSIÓN</i>	42
VI. <i>CONCLUSIONES</i>	47
VII. <i>RECOMENDACIONES</i>	49
REFERENCIAS	51
ANEXOS.....	58

Índice de tablas

Tabla 1: Especificaciones técnicas de las celdas de producción	12
Tabla 2: Extrapolación de resultados en base a la función logarítmica.....	27
Tabla 3: Estadísticos de grupo. Producción de hidrógeno	29
Tabla 4: Prueba t para muestras relacionadas del pretest y postest de la Producción de hidrógeno	31
Tabla 5: Comparación de la producción y la temperatura, tanto en pretest como postest.....	31
Tabla 6: Estadísticos de grupo. Presión de hidrógeno	32
Tabla 7: Prueba t para muestras relacionadas del pretest y postest de la Presión de hidrógeno	35
Tabla 8: Estadísticos de grupo. Temperatura.....	37
Tabla 9: Prueba t para muestras relacionadas del pretest y postest de la Temperatura.....	37

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de componentes	10
Figura 2: Diagrama ilustrativo de funcionamiento de sistema	11
Figura 3: Diagrama de la ubicación de dimensiones explicadas en la tabla 1	12
Figura 4: Detalle de dimensiones explicadas en la tabla 1	13
Figura 5: Cargas aplicadas en la simulación de presión estática a la celda SHR1-002	15
Figura 6: Diagrama de deformación de las celdas SHR1-002	16
Figura 7: Datos registrados de la 6ta experimentación, celda de producción SHR1-001	17
Figura 8: Datos registrados de la 6ta experimentación, celda de producción SHR1-002	18
Figura 9: Inicio de deformación al superar los 25 PSI de presión dentro del sistema	19
Figura 10: Deformación registradas y fugas 44.85 PSI de presión dentro del sistema	20
Figura 11: Evolución de la producción promedio de hidrogeno.....	21
Figura 12: Evolución de la producción de hidrógeno de todas mediciones registradas.....	22
Figura 13: Evolución de la presión de hidrogeno	22
Figura 14: Evolución de la temperatura promedio de hidrógeno en el pretest y postest.....	23
Figura 15: Relación de la producción de hidrógeno versus temperatura	24
Figura 16: Predicción logarítmica y polinómica de producción en el pretest y postest	25
Figura 17: Predicción logarítmica y polinómica de temperatura en el postest.....	28
Figura 18: Comparativa visual del proceso de producción de hidrógeno (PSI/LT) en el pretest y el postest	30
Figura 19: Comparativa visual del proceso de presión de hidrógeno (PSI) en el pretest y el postest	34
Figura 20: Comparativa visual del proceso de calentamiento en el sistema del proyecto H2ecoenergy, en pretest y postest	38

Resumen

La presentación tuvo por finalidad determinar el impacto de la implementación de las Celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno en el sistema del proyecto H2ecoenergy. La metodología empleada incluyó al enfoque cuantitativo, tipo aplicada, alcance explicativo, diseño preexperimental de prueba y posprueba y corte longitudinal. La estadística empleada para la prueba de hipótesis fue la T de Student para muestras relacionadas. La técnica de investigación usada fue la observación y el instrumento la ficha de seguimiento de la producción de hidrógeno, la cual se empleó antes y después de la implementación de la celda SHR1-002. La población del estudio estuvo dada por las celdas de producción de hidrógeno que operan en el sistema de producción del proyecto H2EcoEnergy. Los resultados de la investigación permitieron determinar que, antes de la implementación de la celda SHR1-002 la producción de hidrógeno era de 0,80PSI/LT, y posteriormente a la implementación de la celda SHR1-002 la producción de hidrógeno pasó a ser de 2,69PSI/LT; además que al emplear la estadística inferencial para comprobar la hipótesis se obtuvo un valor $P = 0,00 > 0,05$ comprobándose que las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2EcoEnergy en Moquegua, 2022.

Palabras clave: celdas de producción de hidrógeno, enfoque cuantitativo, diseño preexperimental de preprueba y posprueba.

Abstract

The purpose of the presentation was to determine the impact of the implementation of the SHR1-002 Cells on the production of hydrogen in the H2ecoenergy project system. The methodology used included the quantitative approach, applied type, explanatory scope, pre-experimental test and post-test design and longitudinal cut. The statistic used for the hypothesis test was Student's t for related samples. The research technique used was observation and the instrument was the hydrogen production monitoring sheet, which was used before and after the implementation of the SHR1-002 cell. The study population was given by the hydrogen production cells that operate in the production system of the H2EcoEnergy project. The results of the investigation made it possible to determine that, before the implementation of the SHR1-002 cell, the hydrogen production was 0.80PSI/LT, and after the implementation of the SHR1-002 cell, the hydrogen production became 2.69PSI/LT; In addition, when using inferential statistics to verify the hypothesis, a value $P = 0.00 > 0.05$ was obtained, proving that the SHR1-002 cells significantly influence the hydrogen production of the H2EcoEnergy project system in Moquegua, 2022.

Keywords: hydrogen production cells, quantitative approach, pre-test and post-test pre-experimental design.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la llegada de la Revolución Industrial, la humanidad se ha ido haciendo cada vez más dependiente del uso de las fuentes de energía fósiles, con lo que ha logrado un amplio desarrollo tecnológico, como también una alta prosperidad y bienestar en su población. Sin embargo, como producto de esta dinámica ha surgido un disparo en la necesidad energética, así como una alarma por las partículas y gases contaminantes producidas por la producción y uso de energías fósiles que vienen atentando contra el equilibrio natural del planeta (Malo-Arrázola y Menéndez-Pérez, 2013). Es por ello que, con el cada vez más cercano agotamiento de los combustibles fósiles y el peligro latente del equilibrio ambiental, se han ido evaluando nuevas fuentes energéticas, que de paso sean menos agresivas con el medio ambiente (Juárez-Sandoval et al., 2018).

La problemática de la emisión de gases de efecto invernadero como producto del uso intensivo de fuentes de energía fósil se presenta a nivel global como señala la NASA (2018), que refiere un incremento de la temperatura global de entre 0,8 °C a 1 °C en los últimos 150 años. Sumado a que la ONU (2021) refiere que de seguir a este ritmo habría un aumento de 4 °C para el año 2100; lo cual traería cambios irreversibles en el equilibrio del planeta. Incluso tomando en cuenta el actual proceso de combustión fósil, ya se viene atentando contra la salud de la población, pues en las grandes ciudades se ha contabilizado que 16 millones de menores han contraído asma por estar expuestos al dióxido de nitrógeno expedido por vehículos en funcionamiento (EFEverde, 2020).

Los problemas asociados a la alta emisión de gases de efecto invernadero por el empleo de fuentes de energía fósil también se aprecian a nivel internacional, como informa Greenpeace citado por Martins (2021), al informar que en el año 2018 se registraron casi 400 mil muertes relacionadas a la contaminación generada por combustibles fósiles. Otro dato aportado por Greenpeace (2020), refiere que en España los costes de contaminación por combustibles fósiles se estiman en 24 millones de dólares anuales. Asimismo, en México, Greenpeace México (2021) señala que el 64% de las emisiones de gases de efecto invernadero son producidas por el uso de combustibles fósiles

Asimismo, está la problemática también se evidencia a nivel nacional, conforme señala el Ministerio de Ambiente (2021) en el año 2016 el Perú produjo más de 205 millones de toneladas de CO₂. Algo que también es preocupante en la ciudad de Moquegua, donde el

parque automotriz se hace cada vez mayor, lo que a su vez incrementa la emisión de gases de efecto invernadero (H2ecoEnergy, 2022).

Es así que, a fin de prevenir un futuro desbalance ambiental irreparable se ha explorado la posibilidad de recurrir a fuentes de energía alternas que sean más amigables con el medio ambiente, dentro de las cuales se ha destacado la propuesta del uso del hidrógeno como fuente energética, pues esta permite desarrollar una solución al problema energético con una nula emisión de gases de efecto invernadero, haciéndole un candidato adecuado para dotar de energía a los equipos y tecnologías que la humanidad necesita para seguir funcionando (Ramos et al., 2017).

Pese a lo ya mencionado, esta nueva fuente de energía está aún en desarrollo y en su proceso de producción se pueden distinguir algunos aspectos mejorables, que muy probablemente se irán puliendo en los siguientes años, dentro de los cuales se pueden incluir a la cantidad de hidrógeno producido por los sistemas, ya que si bien el hidrógeno es uno de los elementos más abundantes en la Tierra, este no es fácil de obtener, pues para ser usado se necesita emplear de forma aislada, y en su estado natural solo se le puede extraer de otras sustancias que lo contienen como el carbón, gas o agua, empleando un proceso llamado electrólisis (National Geographic, 2022).

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación experimentó la capacidad de incrementar la producción de hidrógeno con el nuevo modelo de celda de hidrógeno (SHR1-002) en el sistema de producción de hidrógeno del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la Producción en la ciudad de Moquegua. Buscando la optimización en la producción de hidrógeno, por ser esta una fuente de energía eco amigable extraída de agua, de segundo uso o desechada.

Por lo tanto, cabe plantear como **Problema General:** ¿De qué manera influyen las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto

H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022? Asimismo, teniendo como **Problemas Específicos**: PE01: PE01: ¿De qué manera influyen las de celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022? PE02: ¿De qué manera influyen las de celdas SHR1-002 en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022? PE03: ¿Es viable económicamente la producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 en comparación al costo de producción de las celdas SHR1-001, en la ciudad de Moquegua, año 2022?

Teniendo además como **Objetivo General**: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022. Asimismo, teniendo como **Objetivos Específicos**: OE01: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022. OE02: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022. OE03: Comparar los costos de la producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 y SHR1-001, en la ciudad de Moquegua, año 2022.

Contando además con la **Hipótesis General**: Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022. Asimismo, teniendo como **Hipótesis Específicas**: HE01: Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022. HE02: Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022. HE03: La producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 en comparación al costo de producción de las celdas SHR1-001, es viable económicamente, en la ciudad de Moquegua, año 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes de la presente investigación se tienen:

Investigaciones en Europa y Asia:

Según Galitskaya y Zhdaneev (2022), en su investigación “Desarrollo de tecnologías de electrólisis para la producción de hidrógeno: un estudio de caso de la fabricación de acero verde en la Federación Rusa”, del Ministerio de Energía de la Federación Rusa, elaborada en Moscú. Donde se hizo una revisión de diversas soluciones para disminuir la intensidad de carbono del complejo energético y de combustible ruso. Logrando determinar que el esquema tecnológico de producción de hidrogeno verde a partir de electrolisis eólica fue el óptimo para la Federación Rusa, pues obtuvo una mayor reducción directa del hierro durante la fabricación del acero verde. Además, que, a comparación de la tecnología siderúrgica estándar, con la reducción directa del mineral de hierro tiene una diferencia de flujos de caja del 20% que podría reducirse hasta un 5%, lo que ahorraría a las empresas un alrededor del 3% del valor actual.

Kakoulaki et al. (2021), en su investigación “Hidrógeno verde en Europa: una evaluación regional: sustitución de la producción existente por electrólisis alimentada por energías renovables”, del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Su objetivo fue examinar a la producción de hidrogeno mediante el uso excesivo de carbono en Europa y hasta qué punto este método podría ser reemplazado por la electrolisis del agua mediante el uso de electricidad a base de recursos de energía renovables como la eólica, solar fotovoltaica o la hidroeléctrica. Obteniendo como resultados que a nivel de Europa en general, las Fuentes de Energía Renovable (FER) disponibles superan la demanda total de electricidad además de la parte de producción de hidrogeno mediante la electrolisis. Llegando a la conclusión que la producción de hidrogeno mediante el no uso del carbono es posible y sería lo ideal en la transición a sistemas de energía más amigables con el ambiente en toda la Unión Europea en general.

Investigaciones en América Latina:

Según Chicas y Guzmán (2021) en su tesis “Producción de hidrógeno por electrólisis de agua utilizando energía solar y evaluación de su uso como combustible fuente de energía térmica”, de la Universidad de El Salvador. Su objetivo fue la producción de hidrogeno mediante la electrolisis a base de energía solar y la evaluación de su uso como una combustible fuente de energía térmica. Para el experimento, la solución se realizó en diferentes concentraciones y en diferentes temperaturas para así poder evaluar su desempeño y generar condiciones de operación que luego servirán para calcular el costo de producción de cada una de ellas utilizando como parámetros a la cantidad de volumen de hidrogeno generado. Obteniendo como resultados que si bien la producción de hidrogeno mediante el uso de energía solar resulto efectiva a nivel de laboratorio, el costo de este proceso resulta elevado por lo que el valor del hidrogeno es muy superior en comparación al de otras fuentes de combustible como el petróleo y sus derivados, teniendo un costo superior desde el 9% hasta un 101% sobre el valor de los demás combustibles en el mercado. Sin embargo, si se analiza el valor del hidrogeno mediante el beneficio/costo, si resulta rentable pues a pesar de tu valor económico superior, se tiene que considerar el beneficio ambiental que produce al eliminar la producción de carbono.

Según Núñez (2018) en su tesis “Desarrollo de un sistema modular de reacción para el estudio de la producción de oxígeno e hidrógeno a partir de la electrólisis del agua”, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Su objetivo fue elaborar un sistema modular de reacción que se pueda utilizar en los estudios de producción de hidrogeno mediante la electrolisis del agua, logrando así analizar y comparar las diversas tecnologías existentes para realizar el proceso de electrolisis de agua y elaborando un sistema de alimentación del fluido electrolítico con el diseño de un tanque acrílico al cual se le incorporaron algunos accesorios como válvulas, mangueras y otros que le permitieran suministrar el electrolito a los reactores, utilizando energía eléctrica, como también energía solar con un funcionamiento mínimo de 12 voltios y 1 ampere en configuración directa, el líquido utilizado en la electrólisis es una solución de agua más una sal de electrolito Concluyendo que el diseño utilizado cumplió satisfactoriamente con la producción de hidrogeno y por ende alcanzando sus objetivos planteados.

Según Sánchez (2019) en su tesis “Desarrollo y validación de un modelo para la simulación de sistemas de electrólisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías

renovables”, para la Universidad Politécnica de Madrid. Cuyo objetivo fue desarrollar un modelo de simulación para la elaboración de hidrogeno mediante la electrolisis alcalina a base de fuentes de energía renovable, siendo que para su desarrollo se implementó una serie de ecuaciones semi empíricas que permitieron determinar el voltaje de celda, la pureza de los gases que se produjeron y la eficiencia de Faraday, de este modo usando principios físicos relacionados a la electrolisis y los métodos estadísticos, logrando llegar a diversos datos experimentales que fueron integrados en Aspen Plus. Logrando alcanzar una correlación alta entre los datos experimentales y los que se obtuvieron mediante el modelo propuesto por lo que, se concluyó que el modelo desarrollado mediante Aspen Plus es una herramienta de gran potencial para el diseño y mejora en los procesos de electrolisis alcalina.

De la Fuente (2019) en su tesis “Caracterización y funcionamiento de un generador de hidrógeno”, para la Universidad Politécnica de Tulancingo. Menciona que su objetivo fue el de caracterizar y dar uso a un generador de GH₂ (Gas de Hidrogeno) a base de 9 placas e intentar generar 40 cm³ de G₂H en 375 segundos, a fin de buscar un reemplazo a la mayoría de los combustibles que emplea la gente en su transporte. En su desarrollo, la Universidad presto sus instalaciones para diversas pruebas a diferentes tipos de acero con posibilidades de que generen hidrogeno, se propuso tres configuraciones diferentes respecto a la cantidad de placas de acero para el GH₂, obteniendo así el gas de hidrogeno, para la caracterización del G₂H, se realizaron pruebas dentro de se realizaron una serie de gráficas, imágenes y tablas a fin de verificar las cantidades precisas de producción de GH₂. Obteniendo como resultados que, se observó un ritmo ascendente en la producción de GH₂, o sea que, dichos equipos generadores dejan abierta la posibilidad de que fueran utilizados en la práctica como tecnología vigente para la producción de gas de hidrogeno.

Como antecedentes Nacionales de la presente investigación se tienen:

Baltazar (2020) en su tesis “Diseño de un generador de hidrógeno para optimizar la combustión de un motor Volkswagen 1.5 L en la ciudad de Huancayo”, de la Universidad Continental. Donde tuvo como objetivo el diseñar y construir un generador de hidrogeno y generar un impacto positivo al medio ambiente y un bajo costo para su utilización. Asimismo, la investigación señalo que, para el diseño y construcción del generador, se hicieron cálculos de componentes básicos a emplear en el ensamblaje de tal generador de

hidrógeno, que posteriormente se podrá aplicar a un motor Volkswagen 1.5 L, resultando que el hidrógeno tuvo un impacto positivo en la combustión del motor, arrojando un 11% menos de ppm en comparación con el uso de la gasolina, siendo este un efecto positivo para la reducción de los gases contaminantes.

Vasquez (2022), en su tesis “Diseño de una máquina generadora de hidrógeno mediante electrólisis para utilizarlo como vector energético en un auto eléctrico”, de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Su objetivo fue el diseñar un generador de hidrógeno de uso simple y tamaño discreto, que funcione por la electrólisis, para su posterior uso como combustible de autos eléctricos y tener un impacto positivo en el medio ambiente. Metodológicamente, la investigación refirió ser de tipo aplicada con un alcance descriptivo y exploratorio además de un diseño no experimental, además, menciona que logro diseñar dicha maquina generadora de hidrogeno aplicando el software SolidWorks para el diseño de la máquina, resultando que, según su diseño, esta podría reducir la cantidad real de 5.496 litros de hidrogeno por hora. Concluyendo que se gracias al estudio se pudo determinar el tiempo de trabajo necesario del electrolizador para poder suministrar a un vehículo Hyundai NEXO.

En esta investigación se recogen conceptos como:

Corriente eléctrica

Según Morales (2022), la corriente eléctrica es la encargada de dar vida a tus dispositivos eléctricos, tales como lámparas, televisores, microondas, entre otros, esta circula a través de cables u otros materiales conductores por circuitos ubicados en serie o paralelo según la necesidad, así se logra distribuir correctamente la energía eléctrica sin estropear los dispositivos. Sin embargo, no fue hasta 1871 cuando Georg Ohm anunció su afamada ley (Ley de Ohm), donde relaciona la intensidad de corriente, resistencia y voltaje, sin imaginar el gran impacto que causaría, pues las futuras generaciones harían uso vital de dicha ley básica para la elaboración y funcionamiento de los actuales aparatos y dispositivos eléctricos y electrónicos. Además, la corriente eléctrica es el desplazamiento de cargas a través

de un conductor. Este desplazamiento sucede al unir objetos a una fuente de energía con diferente potencial eléctrico (voltaje).

Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

Dónde:

I: Intensidad (A)

V: Voltaje (V)

R: Resistencia(Ω)

Recordemos además que la intensidad también tiene la siguiente expresión la cual se relacionará con las leyes de Faraday.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Dónde:

I: Intensidad (A)

t: Tiempo (segundos)

R: Carga eléctrica (C)

Redondo-Quintela y Redondo-Melcho (2006), señalan que el paso de carga eléctrica hacia un lado de una superficie se llama corriente eléctrica a través de dicha superficie y hacia ese lado. Si hay cargas libres en un volumen, puede crearse una corriente eléctrica a través de una superficie de su interior moviendo las cargas libres con velocidad de dirección adecuada para que atraviesen esa superficie. Esto puede conseguirse aplicando fuerzas a las cargas libres del conductor, o sea, creando un campo eléctrico E en el conductor.

Proceso de Electrólisis

Según Nechache y Hody (2021), el proceso de electrólisis funciona aplicando corriente eléctrica continua a través de un conductor, llamados también electrodos, estos están conectados a una fuente de alimentación eléctrica y sumergida en una solución; Burbano et al. (2006) afirma que una solución rica en ácido sulfúrico a un voltámetro y se le introduce dos varillas de platino, alimentamos con corriente se produce un desprendimiento de hidrogeno en el cátodo y un desprendimiento de oxígeno en el ánodo.

Cada electrodo podrá atraer a iones de carga contraria, para que así, tales iones negativos o aniones, sean atraídos y desplazados hacia el ánodo o electrodo positivo; al mismo tiempo los cationes o iones positivos serán atraídos para ser desplazados hacia el cátodo o electrodo negativo.

Además, según Gonzales (2018) el modo más sencillo de recordar esta terminología es a través del análisis etimológico de las palabras, siendo que: Odo significa camino; electrodo es el camino por el que transitan los electrones; catha quiere decir en dirección hacia abajo; cátodo significa camino donde caen los electrones.; anas hace referencia a ir hacia arriba; ánodo se refiere al camino por el que suben los electrones; ion se refiere al caminante; anión significa en dirección al ánodo y catión a ir en dirección al cátodo.

Definitivamente, se da un proceso de reacción de oxidación-reducción, donde una fuente de alimentación eléctrica aporta energía.

Leyes de Faraday de la Electrolisis

Mediante los estudios y experimentos concernientes al flujo magnético, también realizados en forma casi simultánea por Joseph Henry, se demuestra que si el flujo magnético que atraviesa la superficie del circuito varía, se induce una fuerza electromotriz (f.e.m. o \mathcal{E}) que es igual en magnitud a la variación por unidad de tiempo del flujo (Cabanillas, et al., 2019)

La investigación electroquímica de Faraday, desarrollo los principios fundamentales para trabajar bajo las leyes de Faraday en el desarrollo de la electrolisis las cuales debemos comprender para un análisis de su uso en la producción de hidrogeno. afirma que Faraday en su estudio cuantitativo de la electrolisis desarrolló la relación entre la carga eléctrica que pasa por cuba electrolítica y la liberación de masas de

las sustancias liberados por los electrodos cátodo y ánodo, y esta relación está regulada por las Leyes de Faraday.

Primera ley de Faraday de la electrólisis

Según Rincón y Albello (2017), La primera ley de Faraday nos habla de la relación de la masa de la sustancia obtenida y depositada por un electro, con la cantidad de energía eléctrica transferida al electrodo, cuando hablamos de cantidad de energía nos referimos a la carga eléctrica la cual medimos en “coulombs”

$$m(x) = \frac{P_{eq} \cdot I \cdot t}{96500}$$

Donde:

- m(x) : Masa (Gramo)
- Peq : Peso equivalente
- I : Intensidad de corriente
- t : Tiempo (s)

Segunda ley de Faraday de la electrólisis

Para Milla González (2020), la segunda ley nos habla en relación proporcional de la cantidad de masa descompuesta por el electrolito es directamente proporcional a su elemento químico, lo quiere decir la equivalente de oxidación-reducción de este tema. Por cada electrón que circule por la cuba se descompone un equivalente químico.

Comportamiento del agua y la electrólisis

Como afirma de Burbano et al. (2006) El agua destilada es una muy mala conductora de la electricidad, y solo vemos un incremento de la conductividad en cuanto se agrega algunas sustancias la cual incrementa de manera extraordinaria su conductividad.

La electrólisis en el agua produce la descomposición del agua la cual tiene como expresión química (H_2O) oxígeno (O) e hidrógeno (H) dos moléculas de hidrogeno y una de oxígeno. Como mencionamos dentro del marco teórico a través de una corriente eléctrica continua suministrada por una fuente de alimentación eléctrica y dos electros.

Para reducir la resistencia del agua al paso de corriente a través del agua añadiendo ácido sulfúrico o también electrolito fuerte como el hidróxido de sodio (NaOH).

Producción de Hidrógeno

La producción de hidrógeno es realizada mediante varios métodos a través de reacciones químicas y electroquímicas tal como lo menciona en la investigación Baltazar (2020), en algunos casos el hidrógeno se extrae de los combustibles fósiles en el proceso industrial de hidrocarburos en estos casos los compuestos son de carbono e hidrógeno. El proceso es llamado también “reformado”.

Otras de las formas de producción de hidrógeno pueden ser mediante la producción biológica en un biorreactor de algas o calor llamada también termólisis; los métodos comentados no están desarrollados en comparación con la generación de hidrógeno a partir de hidrocarburos, la cual resulta ser como un sub producto del objetivo principal de la industria la cual está enfocada en la producción de hidrocarburos, sin embargo su uso, aplicaciones y mejora de los métodos para su producción sigue en crecimiento, especialmente por sus bajas emisiones en dióxido o nulas al momento de su combustión reduciendo considerablemente la contaminación y en consecuencia efecto invernadero. Tal y como lo indican Morante et al. (2020).

Ley de los gases ideales.

De acuerdo con los descrito en el libro “Termodinámica” octava edición por Cengel et al (2022) describe la ley de los gases ideales en la siguiente ecuación.

$$P.V = n.R.T$$

Donde:

- P : Presión (ATM)
- V : Volumen (Lt)
- n : numero de moles de gas, donde n tambien se puede expresar como $n = (m/p_m)$ m = masa en gramos (g) y p_m es el peso molecular (g/mol)
- R : Constante universal de los gases ideales, 0.08206 (ATM.Lt/mol.K)
- T : Temperatura (K)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación corresponde al enfoque cuantitativo, pues sus resultados se pudieron expresar en cifras numéricas, asimismo, contó con el empleo de una prueba de hipótesis que fue corroborada por medio de procesamientos estadísticos (Hernández y Mendoza, 2018).

Conforme señala el CONCYTEC (2019), la presente investigación es de tipo aplicada, pues utilizando fórmulas y nociones teóricas ya existentes se pudo obtener resultados favorables sobre los objetivos planteados, pero sin aportar una nueva fórmula o principio rector de aplicabilidad general a la producción de hidrógeno.

Asimismo, es de alcance explicativo, conforme a los aportes metodológicos expresados por Hernández, Fernández y Baptista (2014), quien indica que, una investigación es explicativa cuando busca dar explicación a un fenómeno manifiesto. Además, el mismo autor agrega que, una investigación experimental siempre será de alcance explicativo, ya que, al buscar medir los efectos de una variable independiente en otra dependiente, se puede dar explicación a esta última.

3.1.2. Diseño de investigación

Atendiendo a la UCV (2020), la presente investigación estuvo dentro de las investigaciones experimental, y de manera más específica, conforme a los aportes metodológicos y precisiones de Carrasco (2019), su diseño fue el preexperimental

de preprueba y posprueba con una sola medición, la cual recaerá en la variable dependiente, es decir en la eficiencia de producción de hidrógeno. Lo cual expresa en la fórmula que se presenta a continuación:

$$GE : O_1 \leftarrow X \rightarrow O_1$$

Dónde:

GE: Grupo experimental

X: Variable independiente: Modelo de celdas de producción de hidrógeno

O1: Medición pretest de la Producción de hidrógeno

O2: Medición posttest de la Producción de hidrógeno

Lo que puede interpretarse en que se efectuará una medición de la eficiencia de producción de hidrógeno (pretest), luego se implementará la mejora en las celdas de producción de hidrógeno, y finalmente se procederá a hacer una nueva medición de la eficiencia de producción de hidrógeno (posttest). Teniendo ambas mediciones se procederá a analizar estadísticamente ambas mediciones y empleando la estadística de la prueba T de Student se realizará una prueba de hipótesis que permitirá afirmar o negar la hipótesis de investigación.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable Independiente

Modelo de celdas de producción de hidrógeno SHR1-002.

3.2.2. Variable Dependiente

Eficiencia de producción de hidrogeno.

3.2.3. Operacionalización

(Ver Anexo 2)

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. La población

Conforme indican Arias et al. (2016), la población de investigación se conforma por un conjunto de casos debidamente definido, accesible y limitado, el cual se usara como referente en la elección de una muestra que a su vez debe cumplir una serie de criterios determinados. En esta investigación la población está constituida por el sistema de hidrógeno del proyecto H2ecoenergy de la ciudad de Moquegua. Siendo que, el sistema en cuestión cuenta con un modelo de cuatro celdas de hidrógeno.

Dado que, la actual producción de hidrógeno no es la óptima, pues no llega a ser la suficiente para abastecer las necesidades que requiere el grupo de investigación H2ecoenergy.

3.3.2. La muestra

Conforme indica López (2004), la muestra es un subconjunto o parte de aquel universo conocido como población, la cual ha de ser más manejable para el desarrollo de la investigación, en ese sentido, la muestra en esta investigación estará constituida por un modelo de cuatro celdas de hidrógeno que se encuentran dentro del sistema de hidrógeno del proyecto H2ecoenergy, dado que, los investigadores han sido autorizados solamente para emplear dos modelos de celdas. Es decir que, se tratará de una muestra no probabilística por conveniencia, lo que significa que en su determinación no se empleó la estadística o probabilidad, sino más bien, el criterio de los investigadores y las facilidades que les otorgó al grupo de investigación del proyecto H2Ecoenergy donde se ejecutó la investigación.

3.3.3. El muestreo

El muestreo realizado en esta tesis fue intencional, se estableció la muestra considerando el acceso que los investigadores tuvieron que trabajar con las cuatro celdas del sistema del proyecto H2ecoenergy.

3.3.4. Unidad de análisis

Fue el mismo sistema del proyecto H2ecoenergy de la ciudad de Moquegua.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de recolección de datos

El análisis efectuado en este estudio preexperimental recayó en la variable dependiente “eficiencia de producción de hidrógeno”, la cual está conformada por las dimensiones: “presión” y “temperatura”.

La técnica empleada para esta investigación fue la observación, la cual permitió emplear instrumentos técnicos como el multímetro, nanómetro y el termómetro para la medición de los indicadores correspondientes a las dimensiones de la variable dependiente (Carrasco, 2019).

3.4.2. Instrumentos

Conforme a la técnica antes mencionada, correspondió aplicar como instrumento la Ficha de seguimiento también conocida como ficha de registro, con la cual se realizó un registro de las mediciones de la variable dependiente, mismas que servirán para consolidar una base de datos tanto del pretest como del postest.

3.5. Procedimiento

Al ser la presente una investigación preexperimental, en la cual se indagará la influencia de una variable independiente en otra variable dependiente, correspondió realizar inicialmente una medición de pretest para determinar la influencia de producción de hidrógeno, para lo cual se empleará la observación y los instrumentos de medición técnica como son el multímetro, nanómetro y termómetro, empleando la ficha de registro como instrumento. Posteriormente se procedió a implementar un nuevo modelo de celdas de generación de hidrógeno para poder determinar la influencia que tiene en la producción de dicho elemento. Seguido se realizó una medición de postest de la eficiencia de producción de hidrógeno, de modo semejante a la medición de pretest. Una vez obtenidas ambas mediciones se almacenó en una base de datos para su análisis estadístico.

Cabe agregar que, la capacidad de acumulación con la que se trabajó en el experimento es de 10 LT.

3.6. Métodos de análisis estadístico

Se empleó la prueba estadística T de Student para muestras relacionadas con los datos obtenidos del pretest y el posttest. Asimismo, los procesamientos mentados se efectuaron mediante el software estadístico SPSS.

3.7. Aspectos éticos

En el desarrollo de esta investigación se dio una alta importancia al respeto de los principios éticos de la investigación, como son el principio de beneficencia, pues con la presente se busca generar un beneficio práctico en la solución de un problema previamente advertido. El principio de justicia, pues los alcances a los que arribe esta investigación serán publicados para que sean consultados de modo igualitario por todo aquel que desee (Arias y Peñaranda, 2015).

Dentro de la investigación experimental enfocado en demostrar el incremento de producción de hidrogeno en base a la observación de dos modelos distintos de celdas y según lo acordado con los propietarios de esta investigación, quienes actualmente se encuentran en etapa de patente de sus modelos, no se compartirá información sensible que ponga en riesgo la obtención de la patente para los participantes del proyecto H2ecoenergy, tal y como se evidencia en la carta de autorización de datos Anexo 5.

IV. RESULTADOS

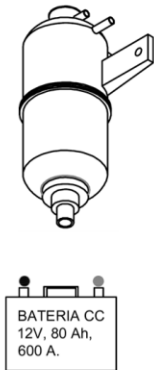
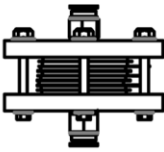
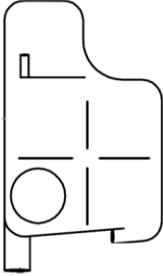
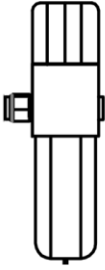
4.1. Descripción del sistema de producción de hidrogeno

La experimentación se llevó a cabo en un ambiente controlado, la temperatura del ambiente estuvo dentro de los 25 °C aproximadamente. El sistema funciona con agua del grifo, con una solución de 20 gramos de soda caustica disuelta por un litro de agua, en el sistema tenemos los siguientes componentes descritos a continuación:

- SHT1 (Tanque de reserva de agua)
- SHR1 (Celdas de producción)
 - 001 (Modelo para la pre-prueba)
 - 002 (Modelo para la post-prueba)
- SHB1 (Burbujeador)
- SHG1 (Tanque de reserva de gas 10 Lt)

El sistema cuenta con cuatro etapas en su producción los cuales se distribuyen tal y como se puede observar en figura 1, nuestra tesis está enfocada en los resultados de la pre-experimentación cambiando el componente de la etapa de generación.

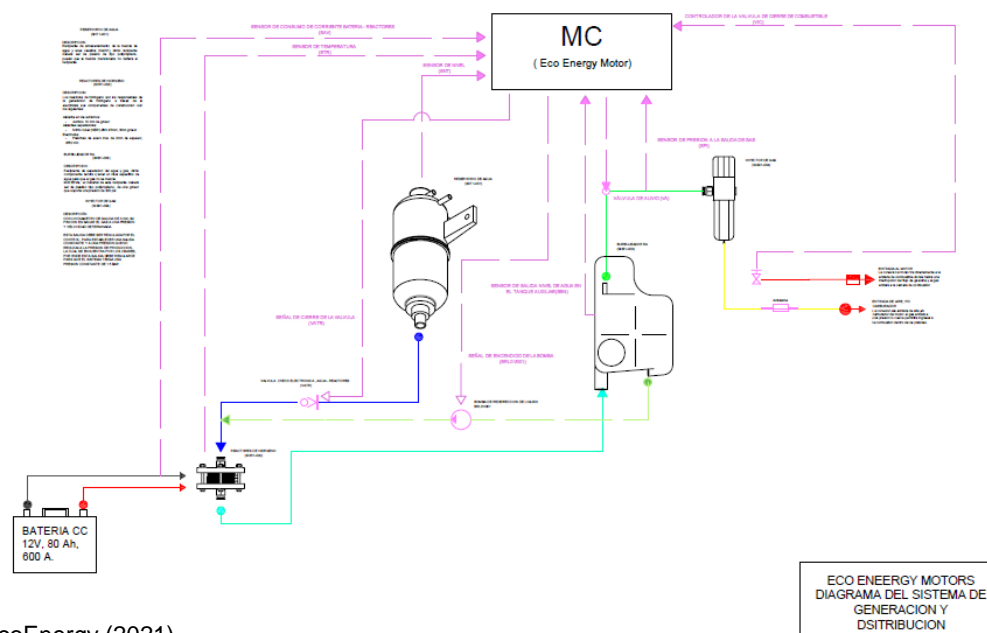
Figura 1: Diagrama de componentes

ALIMENTACIÓN	GENERACIÓN	LIMPIEZA	ALMACENAMIENTO
			
<ol style="list-style-type: none"> 1. SHT1 (Tanque de reserva de agua) 2. Batería de alimentación del sistema 	<ol style="list-style-type: none"> 1. SHR1 (Celdas de producción) <ul style="list-style-type: none"> • Modelo 002 	<ol style="list-style-type: none"> 1. SHB1 (Burbujeador) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. SHG1 (Tanque de reserva de gas 10 Lt)

Fuente: H2ecoEnergy (2022)

Debido a las cláusulas de confidencialidad establecidas con el equipo investigador Eco Energy, no se puede compartir información sensible con respecto a planos técnicos que puedan amenazar el proceso de patente del grupo de investigación, sin embargo, para un entendimiento genérico se comparte el diagrama ilustrativo del funcionamiento del sistema.

Figura 2: Diagrama ilustrativo de funcionamiento de sistema



Fuente: H2ecoEnergy (2021)

4.2. Criterio de diseño de las celdas de producción de hidrógeno

Según el grupo de investigación de H2EcoEnergy (2022) indicaron las siguientes características de los modelos SHR1 en sus modelos 001 y 002, tal y como se puede observar en la tabla 1.

Dicho esto, el criterio de diseño optado para la mejora de las celdas se centra en la fórmula detallada de la ley de Ohm descrita en nuestro marco conceptual, En ese sentido se buscó reducir la resistencia y de ese modo aumentar el flujo de corriente dentro del sistema para mejorar la producción de Hidrógeno.

Aplicación de la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$



Donde:

I: Intensidad (A)

V: Voltaje (V)

R: Resistencia(Ω)

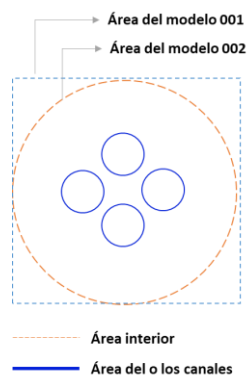
Tabla 1: Especificaciones técnicas de las celdas de producción

Modelos de reactores	D= Diámetro Exterior	Corriente continua=12-13.5V		Acero inox 304		
	Ad= Área interior	área	N° de	Resistencias	Corriente	Potencia
	Ab= Área de canal	s	placas	(Ω)	(A)	(W)
	At= área total de contacto	(cm ²)				
001 	A ₁ (cuadrada)					
	Ad ₁	64.0	8	2.28	4.5-6	63
	Ab ₁	2.00				
At	62.0					
002 	A ₂ (circular)					
	Ad ₂	50.2	6	1.71	6.8-7.2	84
	Ab ₂	2.0				
At	48.0					

Fuente: H2ecoEnergy (2022) y elaboración propia

Detalle de las dimensiones de las celdas según la tabla 1:

Figura 3: Diagrama de la ubicación de dimensiones explicadas en la tabla 1



Fuente: Elaboración propia, no escalado

4.3. Detalle de los componentes del sistema de hidrogeno

Componentes de las celdas;

1. Acero inox 304 de forma circular con un diámetro de 8 cm. X 7 piezas
2. Placas de acrílico por 1" de espesor x 2 piezas
3. Orrines circulares 6.5 cm x 8 piezas

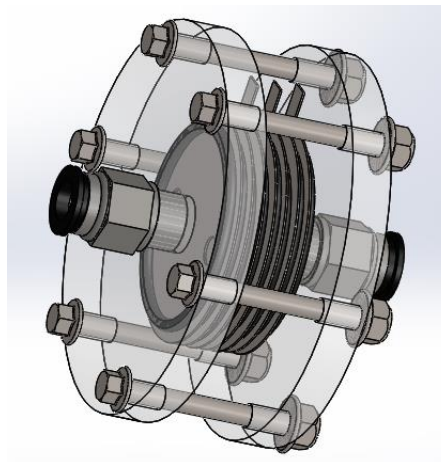
Componentes auxiliares

1. Espárragos, tuercas y arandelas.
2. Acopes de tubería a presión para tubos \varnothing int 13.5mm
3. Manguera de presión \varnothing int 13.5mm \varnothing ext 21mm; MARCA Hunter Hose, compresor AIR horse 1/2" W.P 300PSI - BP 900 PSI

Para más detalles sobre los componentes del sistema revisar el anexo 19.

Modelo de ensamblaje

Figura 4: Detalle de dimensiones explicadas en la tabla 1



Fuente: Elaboración propia

4.4. Operación de sistema de producción de hidrogeno.

INICIO

El encendido del sistema, a través del interruptor de arranque alimenta de corriente a todos los componentes detallados en el Anexo 19. Debemos tener en consideración el tiempo necesario para llegar a la capacidad máxima de dos variables: Volumen/nivel de la reserva de agua y volumen/presión hidrógeno en el tanque, por lo que el sistema está seteado para que cuando alcance Temperaturas pico de operación (85 °C) debido a que se alcanza el pico de ebullición del agua haciendo que esta se evapore dentro del sistema y colapse por exceso de presión. Presión límite del sistema (50 PSI). Dentro de los 48 – 50 PSI se registra fugas y daños en celdas.

Es cierto que mediante la monitorización del nivel del tanque de agua y la presión del tanque de hidrógeno, podremos saber el estado de los mismos, pero tenemos que considerar que bajo un escenario de error en alguna parte del sistema podríamos estar bajando el nivel de agua y no subiendo la presión del tanque de hidrógeno, esto en el control será una ecuación que tendrá la función de discernir en base a las pruebas de consumo estándar y saber si la presión del tanque está disminuyendo por consumo y no por fuga.

El sistema y las celdas encenderán siempre y cuando cumpla las siguientes condiciones:

El nivel del tanque (SHG1-004) este a 70% de su capacidad; si el tanque está al 100% los reactores no encenderán hasta entonces, y no se apagarán hasta que haya llegado al 100% y/o el sistema se apague. El nivel de agua este por encima del 20%, en este caso el sistema envía un aviso al operador.

La batería tendrá que estar en óptimas condiciones de funcionamiento a ello nos referimos que se encuentre cargada y no baje de los 10 V. en este caso el sistema encenderá una vez el carro haya recargado la carga nominal de la batería.

DURANTE EL PROCESO

Si el sensor (SPT) reporta una baja en el tanque (SHG1-004) hasta el 20% de su capacidad las válvulas se cerrarán junto con el accionador hasta que los generadores repongan la capacidad establecida.

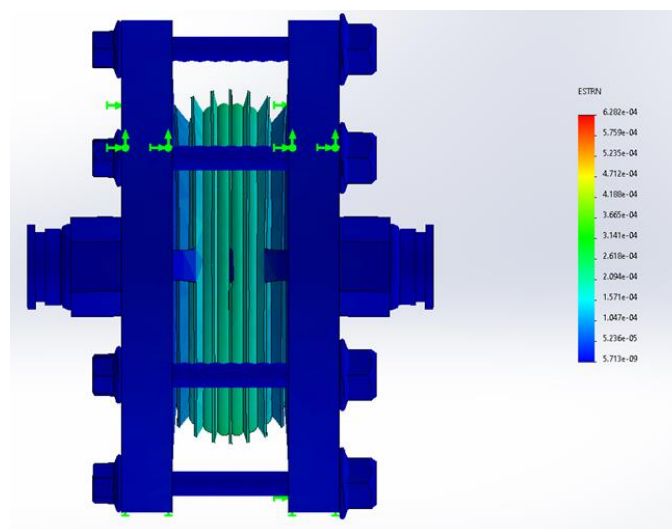
Si el sensor de presión de ingreso (SPI) detecta una baja repentina, todo el proceso se para.

Si el sensor de agua detecta una repentina baja nivel de agua la válvula (VATR) deberá cerrar el paso del agua por lo que se recomienda una válvula normalmente abierta electrónica, con una sola dirección para cerrar el paso de agua y evitar futuros cortos circuitos. El sistema deberá enviar una señal de alerta.

4.5. Simulación de presiones en las celdas SHR1-002

Para llegar determinar la capacidad de presión diseñada para las celdas de generación de hidrogeno, se realizó una evaluación de capacidad del componente en el programa de simulación Solidworks, los cuales referenciaremos en el Anexo 20. La construcción y el ensamblaje de la celda de producción de hidrógeno está basada en los materiales detallados en capítulo 4.3 de la presente investigación.

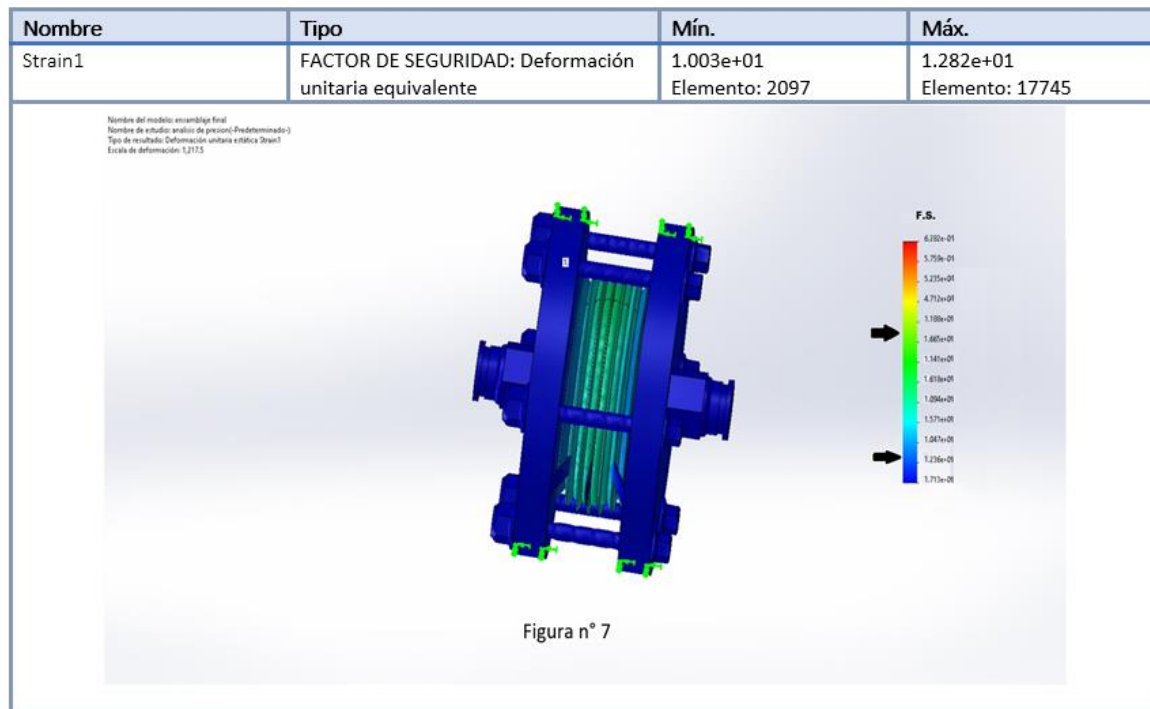
Figura 5: Cargas aplicadas en la simulación de presión estática a la celda SHR1-002



Fuente: Elaboración propia a través de la simulación en Solidword

La simulación pretende determinar la capacidad máxima de deformación de la celda de hidrogeno por lo tanto se aplico las cargas simuladas desde el interior de la celda SHR1-002, tal y como se puede apreciar en la figura 5.

Figura 6: Diagrama de deformación de las celdas SHR1-002



Fuente: Elaboración propia a través de la simulación en Solidword

Las conclusiones son las siguientes, las celdas de hidrogeno si logra soportar una presión de 25PSI como máximo sin sufrir deformaciones. Podemos ver en el cuadro de la figura 6 de la presente investigación, el factor de seguridad (F.S.) MIN es 1.003. esto quiere decir que el reactor soporta la carga. Está al límite de su capacidad.

La de deformación máxima calculada es 3.008mm, los orrines no soportan mayor presión y empiezan a deformarse

Se realizo simulaciones con 25.2PSI, el programa emite un comunicado, “que la deformación de los componentes es mayor y rompe las uniones rígidas”, por lo que a mayor presión esta ya presentaría deformaciones notorias y fugas del contenido interior y esto no debería suceder, sin embargo, es algo que se debe experimentar

en campo para determinar su comportamiento físico bajo las medidas de seguridad correspondiente.

4.6. Toma de datos a capacidad técnica límite de las celdas de producción.

Para generar una simulación de datos más cercanas a la realidad debido a las limitaciones técnicas de las celdas de hidrogeno de ambos modelos se realizaron pruebas que lleven al límite la capacidad de las celdas a fin de registrar más datos para obtener una simulación de producción más cercana a la realidad.

El anexo 21 de la presente investigación se muestra la ficha de seguimiento con los datos tomados de las diferentes pruebas realizadas, en ese sentido la toma número seis, a llevado al limite la capacidad técnica de las celdas a continuación los resultados de la prueba seis y el registro de lo experimentado.

Figura 7: Datos registrados de la 6ta experimentación, celda de producción SHR1-001

FICHA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO			
Modelo:	SHR1-001		
Detalle	Las pruebas se llevaron en un ambiente controlado mateniendo una temperatura ambiental de 25°C		
N° de medición	Fecha	Indicadores	
		Presión de hidrógeno	Temperatura
		PSI	°C
6	12/01/2023 - 3 min	0.35	29.85
	12/01/2023 - 6 min	2.50	38.56
	12/01/2023 - 9 min	6.80	72.45
	12/01/2023 - 12 min	8.50	78.6
	12/01/2023 - 15 min	10.45	80.45
	12/01/2023 - 18 min	12.00	85.26
	12/01/2023 - 21 min	18.00	89.86
	12/01/2023 - 24 min	24.65	92.25
	12/01/2023 - 27 min		-
	12/01/2023 - 30 min		-
	12/01/2023 - 32 min		-

Fuente: Elaboración propia

La figura 7 a pesar de haber llegado a los 24.65 PSI depresión, la temperatura del sistema alcanzaba los 92.25 °C, muy cerca al punto de ebullición del agua lo que contamina producción de Hidrogeno con vapor de agua dentro del tanque de reserva de hidrogeno. Por lo tanto, una vez llegado a los 92.25°C se decidió para la experimentación.

Las celdas no mostraron alguna deformación en la estructura, sin embargo, debido a las altas temperaturas la tubería utilizada era más flexible, lo cual podría hacer que sean más fácil de salir de los acoples instalados a los extremos de la celda, al alcanzar más presiones más altas.

Después de la experimentación con el modelo SHR1-001 Se procedió a el cambio de tuberías, limpieza del tanque de almacenamiento y cambio de modelo de celda.

Figura 8: Datos registrados de la 6ta experimentación, celda de producción SHR1-002

FICHA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO			
Modelo:	SHR1-002		
Detalle	Las pruebas se llevaron en un ambiente controlado manteniendo una temperatura ambiental de 25°C		
N° de medición	Fecha	Indicadores	
		Presión de hidrógeno	Temperatura
		PSI	°C
6	12/01/2023 - 3 min	0.42	30.04
	12/01/2023 - 6 min	14.89	32.95
	12/01/2023 - 9 min	23.00	37.25
	12/01/2023 - 12 min	27.56	38.85
	12/01/2023 - 15 min	33.87	40.25
	12/01/2023 - 18 min	41.25	40.55
	12/01/2023 - 21 min	44.85	41

Fuente: Elaboración propia

La segunda prueba se llevó a cabo en un ambiente controlado con una temperatura inicial de 25°C en el ambiente, nuestro punto referencial ante deformación es de 25 PSI.

Como podemos observar en nuestra figura 8, se alcanzaron los 25 PSI durante el minuto nueve y doce, en un rango de temperatura de 37.25°C a 38.85°C, a partir de este punto se registra deformaciones en la posición de los orrines sin embargo el sistema aún está operativo sin fugas tal y como se evidencia en la siguiente figura tomada a los 12 min de operación

Figura 9: Inicio de deformación al superar los 25 PSI de presión dentro del sistema



Alineamiento de orrines antes de la experimentación



Deformación de orrines a partir de los 25 PSI – 27 PSI de presión

Fuente: Elaboración propia

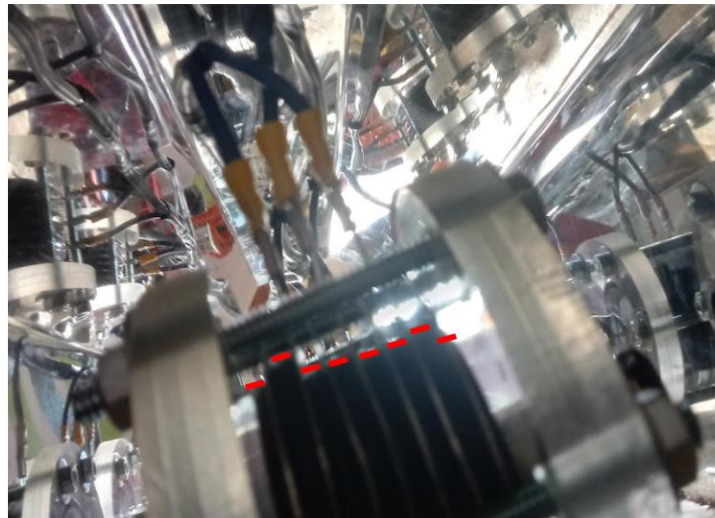
La tubería y componentes de acople se muestran estables y sin deformaciones debido a que las temperaturas de operación se mantienen muy por debajo de 78°C en comparación de la celda SHR1-001 al mismo tiempo de la toma y registro de datos.

Se registra al minuto veintidós las primeras fugas por lo que se decide para la experimentación, nuestro último registro es al minuto veintiuno, donde observamos las siguientes deformaciones.

Figura 10: Deformación registradas y fugas 44.85 PSI de presión dentro del sistema



Alineamiento de orrines antes de la experimentación



Deformación de orrines a partir de los 44.85 PSI de presión

Fuente: Elaboración propia

La temperatura alcanzada al minuto veintiuno de operación es de 41°C, temperatura considerada dentro de lo estable para continuar con la operación del sistema.

La tubería y componentes de acople se muestran estables y sin deformaciones debido a que las temperaturas de operación se mantienen muy por debajo de 78°C en comparación de la celda SHR1-001.

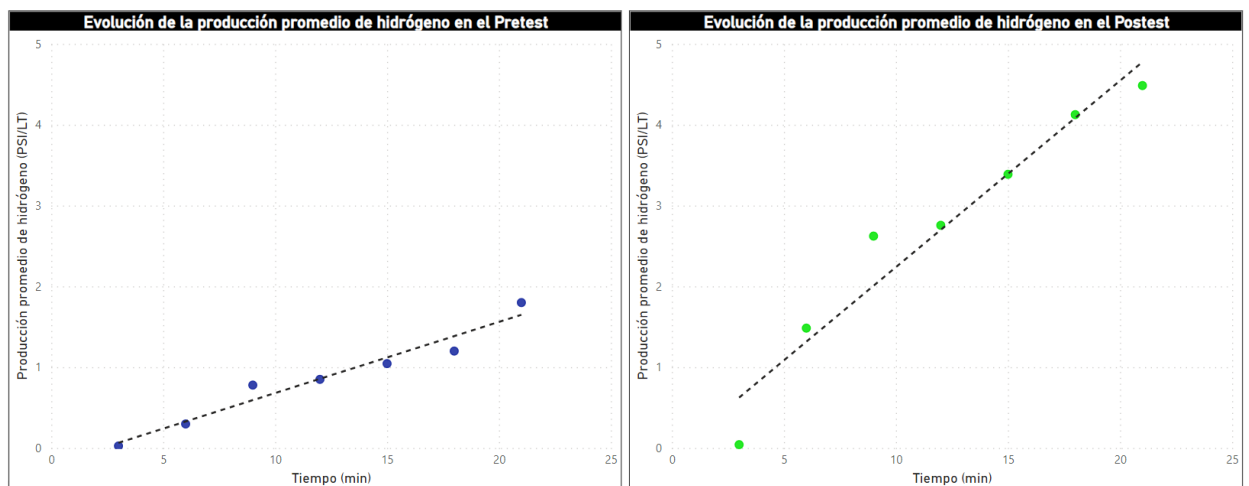
4.7. Análisis de la simulación de datos sobre la producción de hidrogeno

En base los datos recopilados en la sección 4.6 de la presente investigación, realizaremos un análisis con respecto a los datos obtenidos para poder simular la producción durante un tiempo determinado.

ANALISIS DE LA PRODUCCIÓN PROMEDIO DE HIDROGENO EN EL PRETEST Y POSTES

Para un entendimiento claro con respecto al comportamiento de la producción de hidrogeno en los modelos de celdas, en base a los datos de la experimentación seis detallada en el anexo 21, calculamos la linea promedio de los datos recopilados.

Figura 11: Evolución de la producción promedio de hidrogeno



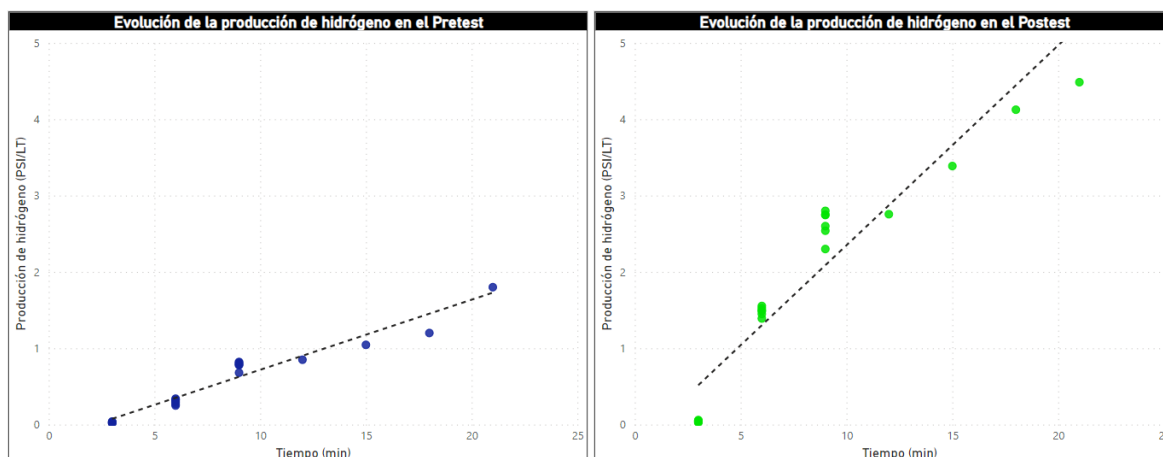
Fuente: Elaboración propia

En el pretest podemos observar cómo los puntos de las muestras tomadas con respecto al producción de hidrogeno no se encuentran tan dispersadas, la linea esta ligeramente en ascenso lo que indica una producción de hidrogeno continua pero lenta a diferencia del postest el cual refleja una linea erguida lo cual demuestra una producción mucho más rápida, sin embargo, los puntos de data recopilada están ligeramente más dispersas a diferencia del postest.

Recordemos que la producción la obtenemos en base a la presión obtenida en un determinado tiempo dividido entre la capacidad del tanque de almacenamiento. Al comparar la figura 11 con los otros puntos registrados con respecto a las anteriores

muestras, observamos un comportamiento similar con puntos de nuestro ligeramente separadas la una de la otra debido a que han sido muestras tomadas en condiciones similares sin embargo agentes externos no identificados diferencian la muestra, pero son variaciones aceptadas para nuestra investigación.

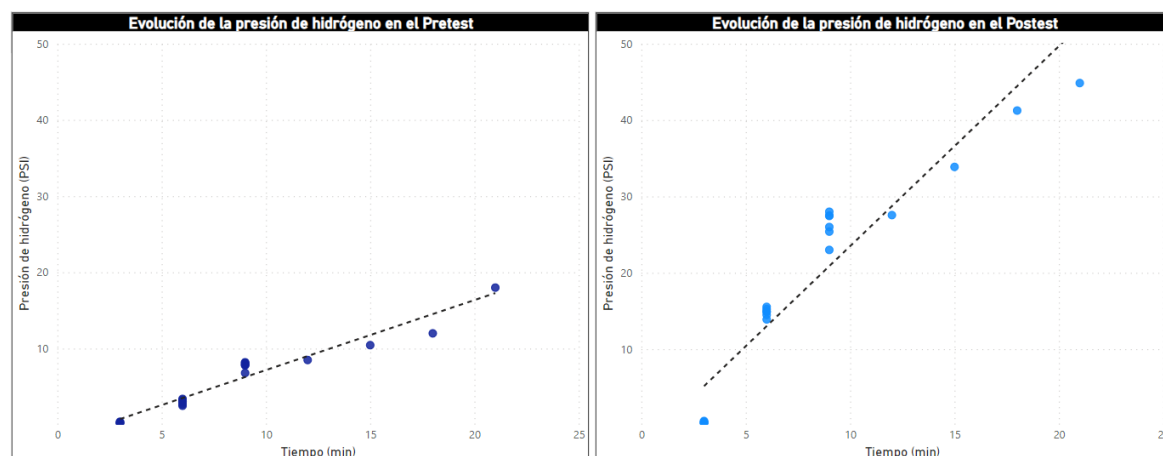
Figura 12: Evolución de la producción de hidrógeno de todas mediciones registradas



Fuente: Elaboración propia

La evolución de la producción de hidrogeno está ligada a las muestras de presión registradas, tal y como lo explicamos anteriormente y lo podemos visualizar en la siguiente figura.

Figura 13: Evolución de la presión de hidrogeno

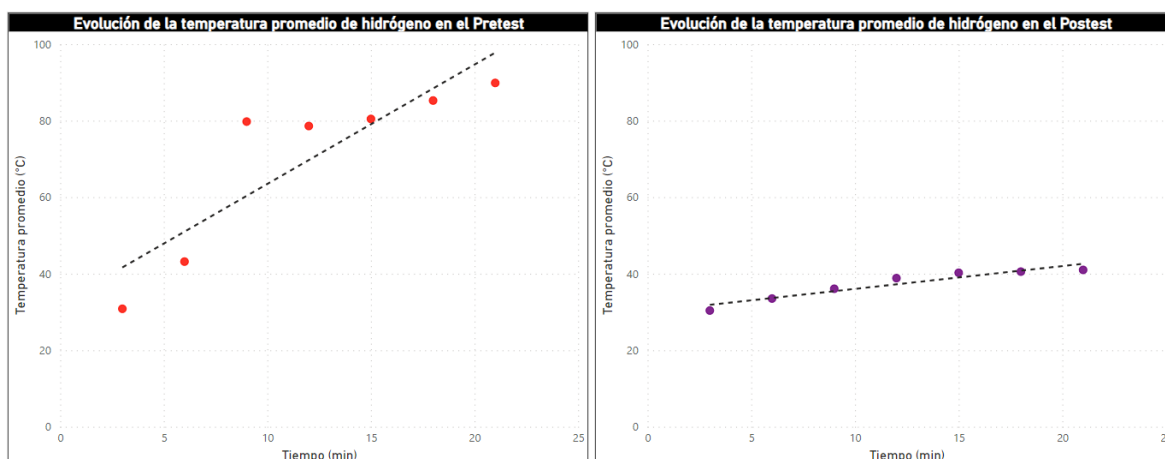


Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DEL PRETEST Y POSTEST

De la misma forma, calcularemos el promedio de los datos obtenidos en pretest y postest de la investigación a fin de tener un análisis con respecto al comportamiento de la producción de hidrogeno a fin de determinar una simulación más cercana a la realidad con respecto a la temperatura en base a la medición 6 detallada en el anexo 21.

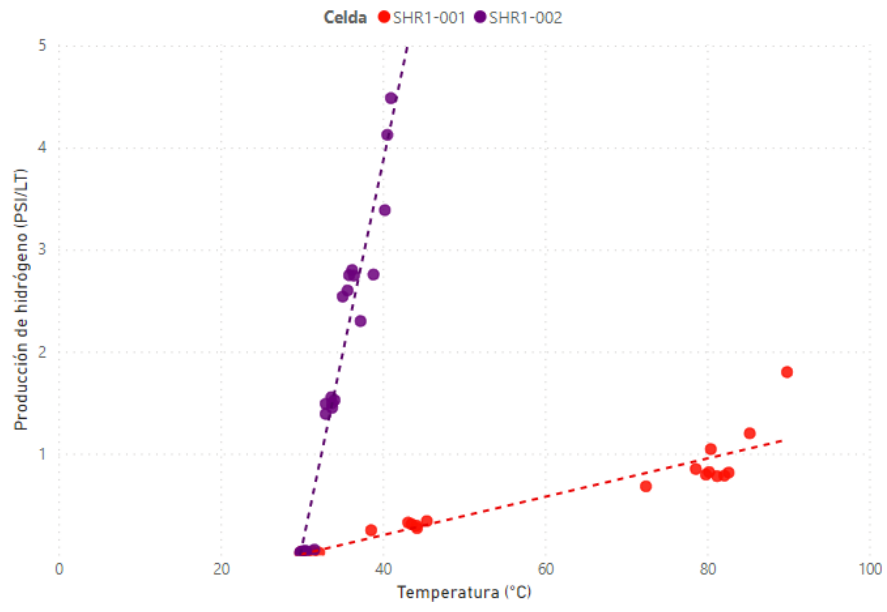
Figura 14: Evolución de la temperatura promedio de hidrógeno en el pretest y postest



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura 14 el comportamiento de la temperatura en el pretest es decir las celdas SHR1-001, alcanzan temperaturas elevadas en un periodo corto de operación, esto influye directamente en la producción de hidrogeno debido a que mientras temperaturas más altas se alcancen el flujo de corriente en las celdas disminuye. Por otra parte, el postest evidencia un comportamiento de la temperatura aceptable con un crecimiento lento, sin embargo, si nos enfocamos en los puntos de dispersión podemos observar que el ascenso en comparación de la media, los dos últimos puntos están por debajo de esta, un indicador con respecto a la estabilidad del sistema por debajo de los 41°C lo que reflejaremos en el siguiente gráfico.

Figura 15: Relación de la producción de hidrógeno versus temperatura



Fuente: Elaboración propia

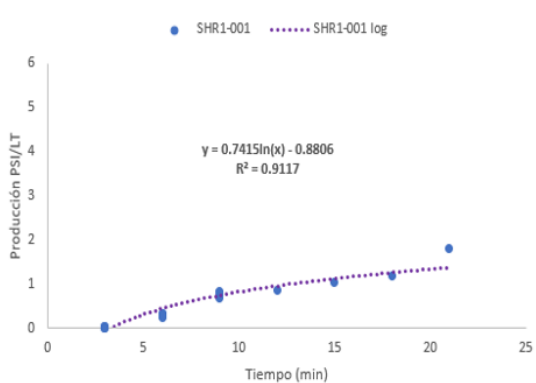
SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN EN BASE MODELACIÓN DE DATOS

En base al análisis sobre los datos presentados para la simulación de los datos para la producción de hidrogeno presentaremos dos estimaciones de producción de hidrogeno en base a la interpolación logarítmica y polinómica para proyectar y estimar un conjunto de puntos mediante la función establecida con los puntos hallados en postest (Celda SHR1-002), además que seleccionaremos en base al criterio obtenido de las múltiples pruebas realizadas la mejor estimación.

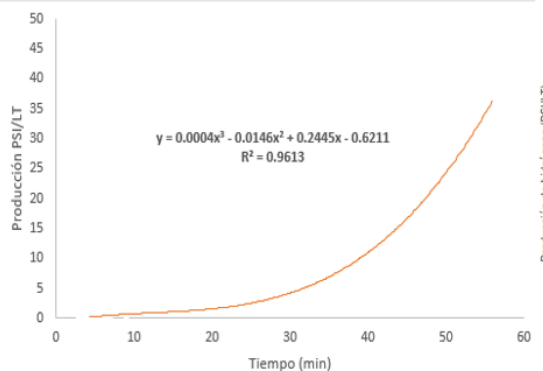
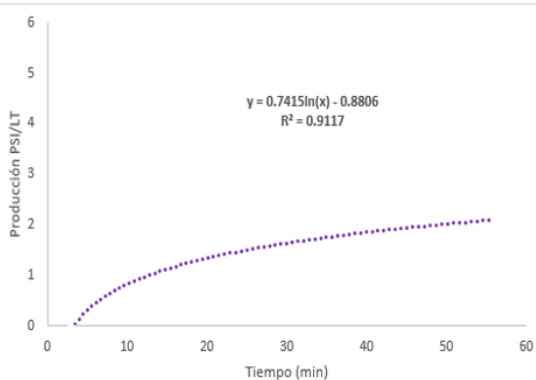
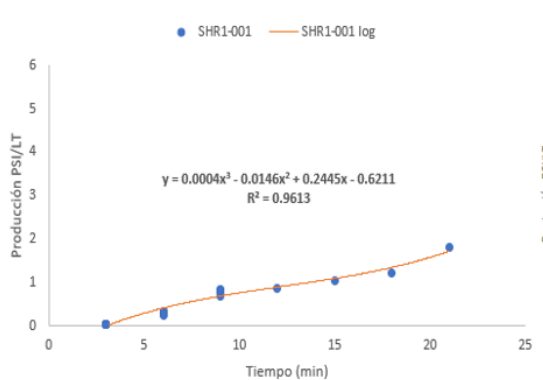
Figura 16: Predicción logarítmica y polinómica de producción en el pretest y postest

Pretest

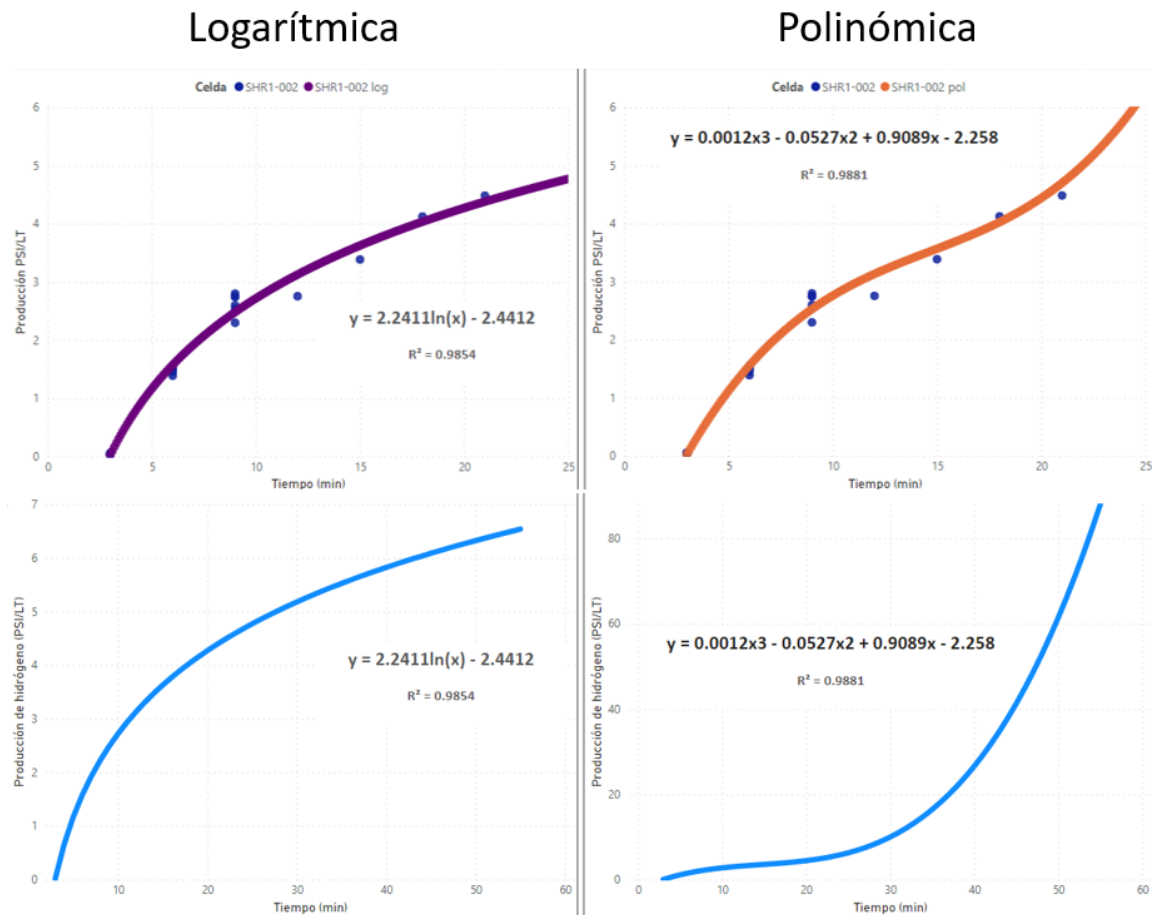
Logarítmica



Polinómica



Postest



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en las ecuaciones nuestra R^2 polinómica es de 0.9854, o podríamos interpretar también que la curva se alinea los puntos de nuestra muestra en un 98.54%, por otro lado, el modelo de ecuación polinómica tiene un R^2 de 0.9881, esta ecuación se adecua aún más a los puntos de la muestra, sin embargo al revisar los datos extrapolados con respecto al eje x (tiempo), las estimaciones según la predicción polinómica son muy ideales, y pueden diferenciar mucho de la realidad, sin embargo esto es algo que se debería comprobar en otra investigación con más detenimiento al hallar la producción con experimentaciones de más tiempo para determinar que ecuación se acerca a la realidad. Sin embargo, a fin de determinar un estimado más cercano a la realidad, y tomando en cuenta el comportamiento analizado en el pretest y postest. Al extrapolar los datos en base a la función logarítmica obtendremos los siguientes datos.

Tabla 2: Extrapolación de resultados en base a la función logarítmica

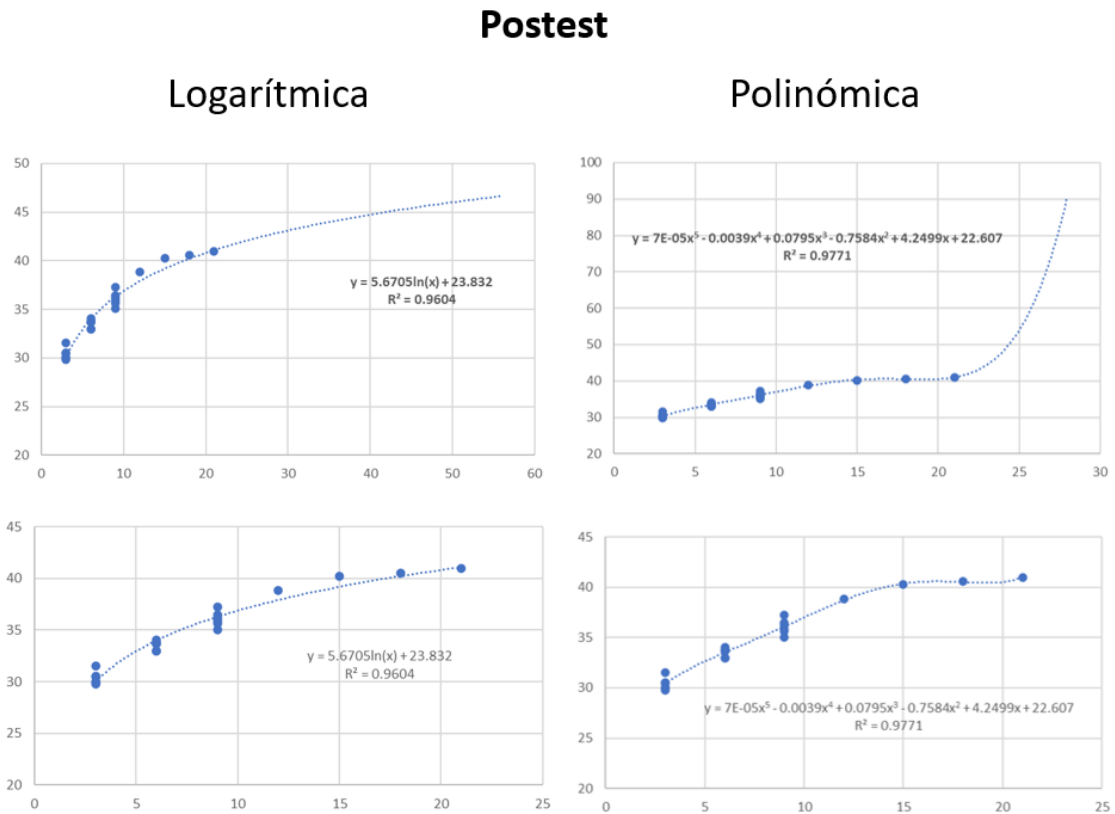
Tiempo (Min)	Medición	SHR1-001	SHR1-002
		Producción (PSI/LT)	Producción (PSI/LT)
3	6	0.04	0.04
6	6	0.25	1.49
9	6	0.68	2.30
12	6	0.85	2.76
15	6	1.05	3.39
18	6	1.20	4.13
21	Estimación	1.60	4.49
25	Estimación	1.65	4.77
30	Estimación	1.80	5.18
35	Estimación	1.85	5.53
40	Estimación	1.95	5.83
45	Estimación	1.98	6.09
50	Estimación	2.05	6.33
55	Estimación	2.15	6.54

Fuente: Elaboración propia.

SIMULACIÓN DE TEMPERATURA EN BASE MODELACIÓN DE DATOS

De la misma forma que la simulación de producción aplicaremos el modelo logarítmico aun que técnicamente se cuenta con un disipador de calor que mantiene al sistema por debajo de los 50°C en la operación. En ese sentido, realizaremos la estimación en base a un modelo matemático alineado a la producción.

Figura 17: Predicción logarítmica y polinómica de temperatura en el postest



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la evaluación pretest de temperatura, dentro de la experimentación se observó que en el registro de datos, que al minuto 24, la temperatura excedía los 92°C, por ende desde este punto la muestra es errónea debido a que tendríamos vapor de agua dentro del sistema, por lo que para motivos de cálculo para determinar la masa de hidrogeno producido se asumirá que la temperatura de producción se controló en ese punto.

El detalle con respecto a los resultados capturados en base a los objetivos establecidos de la presente investigación se detallará en la siguiente sección relacionadas respectivamente a los objetivos.

4.8. Respecto al Objetivo General:

Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022.

Para obtener la producción de hidrógeno se dividió la presión de hidrógeno entre la capacidad de almacenaje para la prueba 10 LT, para así tener como unidad de medida “PSI/LT”.

Para establecer la influencia de las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno se efectuaron dos mediciones del hidrógeno producido, una en pretest y otra en postest. Luego esas mediciones se sometieron a la estadística inferencial correspondiente para su prueba de hipótesis, para lo cual se hizo uso del estadístico T de Student para muestras relacionadas, el cual se emplea en estudios pre-experimentales de preprueba y posprueba con una distribución normal.

Prueba de hipótesis

H_0 : Las celdas SHR1-002 no influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

H_a : Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Regla de decisión

Si Valor $p \geq 0,05$, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

Sí Valor $p < 0,05$, se acepta la H_a y se rechaza la H_0

Tabla 3: Estadísticos de grupo. Producción de hidrógeno

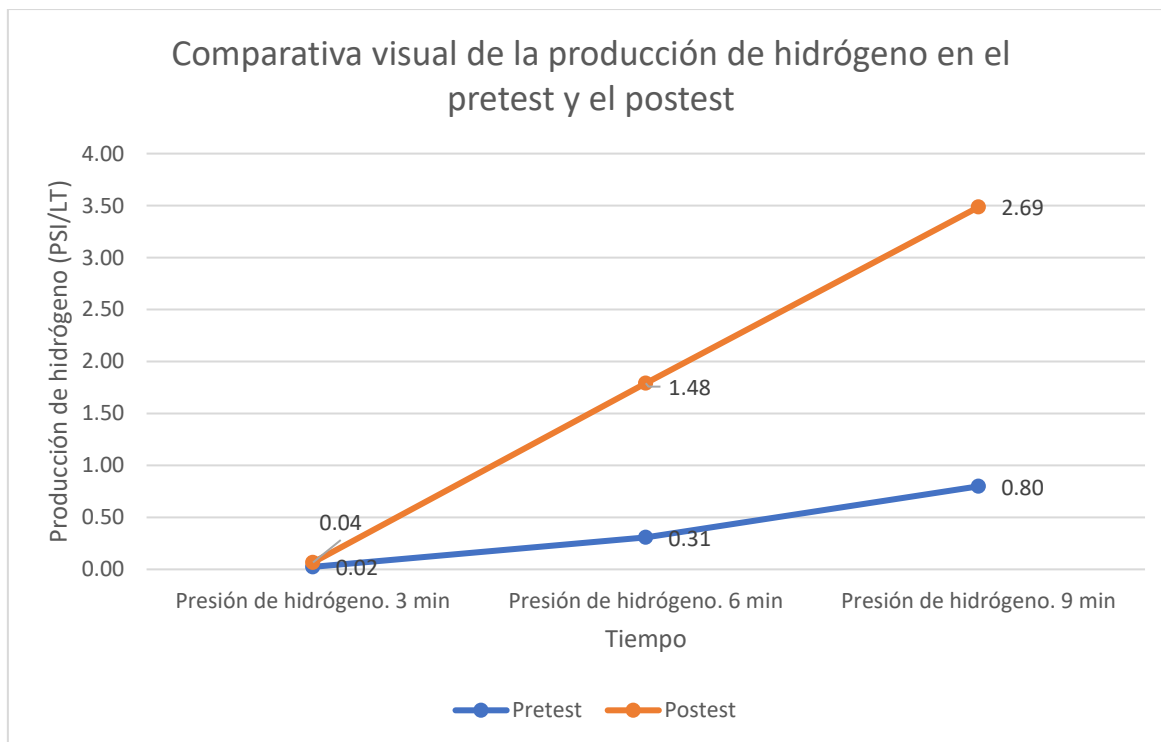
	Media	N
Producción de hidrógeno. 9 min (pretest)	0,80 PSI/LT	5
Producción de hidrógeno. 9 min (postest)	2,69 PSI/LT	5

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 3, se puede apreciar que, la producción de hidrógeno, trabajando con un tiempo de 9 minutos en los que se alcanza la producción máxima, ha variado entre el pretest y el postest. Pues se distingue que, el promedio de las

mediciones de la presión de hidrógeno en pretest es de 0,80 PSI/LT y el promedio de las mediciones de la presión de hidrógeno en postest fue de 2,69 PSI/LT.

Figura 18: Comparativa visual del proceso de producción de hidrógeno (PSI/LT) en el pretest y el postest



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Figura 2 se distingue la comparativa visual de la presión de hidrógeno en el pretest y postest, tomando en cuenta mediciones de 3 minutos, 6 minutos y 9 minutos. Considerando que la línea azul corresponde al pretest, en el cual se aprecia que a los 3 minutos la presión de hidrógeno tuvo una media de 0,02 PSI/LT; a los 6 minutos alcanzó una media de 0,31 PSI/LT; y a los 9 minutos llegó a la media de 0,80 PSI/LT, siendo este último el valor aproximado al máximo que suele alcanzar. Por otro lado, se aprecia que la línea naranja corresponde al postest, en el cual se aprecia que a los 3 minutos la presión de hidrógeno tuvo una media de 0,04 PSI/LT; a los 6 minutos alcanzó una media de 1,48 PSI/LT; y a los 9 minutos llegó a la media de 2,69 PSI/LT, siendo este último un valor aproximado al máximo que suele alcanzar. Apreciándose claramente el notorio incremento en la presión de hidrógeno que se produce en el postest.

Tabla 4: Prueba t para muestras relacionadas del pretest y postest de la Producción de hidrógeno

	Media	IC 95%		t	gl	Sig. (P valor)
		Inferior	Superior			
Presión de hidrógeno. 9 min (postest) - Presión de hidrógeno. 9 min (pretest)	1,89 PSI	1,73 PSI	20,46 PSI	33,136	4	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 4, se puede apreciar que, el resultado obtenido de la prueba t de student en la producción de hidrógeno considerando un tiempo de 9 minutos, es igual a un P valor = 0,000 < 0,05 por consiguiente se acepta la H_a y se rechaza la H_o es decir que las mediciones del pretest y el postest son significativamente diferentes; por lo tanto se deduce que en las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Integrado de la comparativa de la producción junto a la temperatura, con base a los tiempos de medición

Tabla 5: Comparación de la producción y la temperatura, tanto en pretest como postest

	Producción de hidrógeno	Temperatura
Pretest – 9 min	0,8 PSI/LT	81,22 °C
Postest – 9 min	2,69 PSI/LT	35,84 °C

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se aprecia que, al comparar los resultados finales de las mediciones del pretest y el postest con base a la producción de hidrógeno y la temperatura, se obtuvo en el pretest una producción media máxima de 0,8 PSI/LT acompañada de un calentamiento del sistema de 81,22°C; por otro lado, en el postest se obtuvo una producción media máxima de 2,69 PSI/LT acompañada de un calentamiento del sistema de 35,84 °C. Es decir que no solo ha habido un incremento de producción

de hidrógeno en el postest, sino que, se ha dado al mismo tiempo un notable decremento del calentamiento en el sistema.

4.9. Respecto al Objetivo Específico 1

OE01: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

En la ejecución del experimento se trabajó con una capacidad de almacenamiento de 10 LT, sobre los cuales se calculó la cantidad de presión de hidrógeno que se menciona en este acápite.

Para establecer la influencia de las celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno se efectuaron mediciones del hidrógeno producido, en pretest y en postest. Luego, tales mediciones se sometieron a la estadística inferencial correspondiente para su prueba de hipótesis, para lo cual se hizo uso del estadístico T de Student para muestras relacionadas, el cual se emplea en estudios pre-experimentales de preprueba y posprueba.

Prueba de hipótesis

H_0 : Las celdas SHR1-002 no influyen significativamente en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

H_a : Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Regla de decisión

Si Valor $p \geq 0,05$, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

Sí Valor $p < 0,05$, se acepta la H_a y se rechaza la H_0

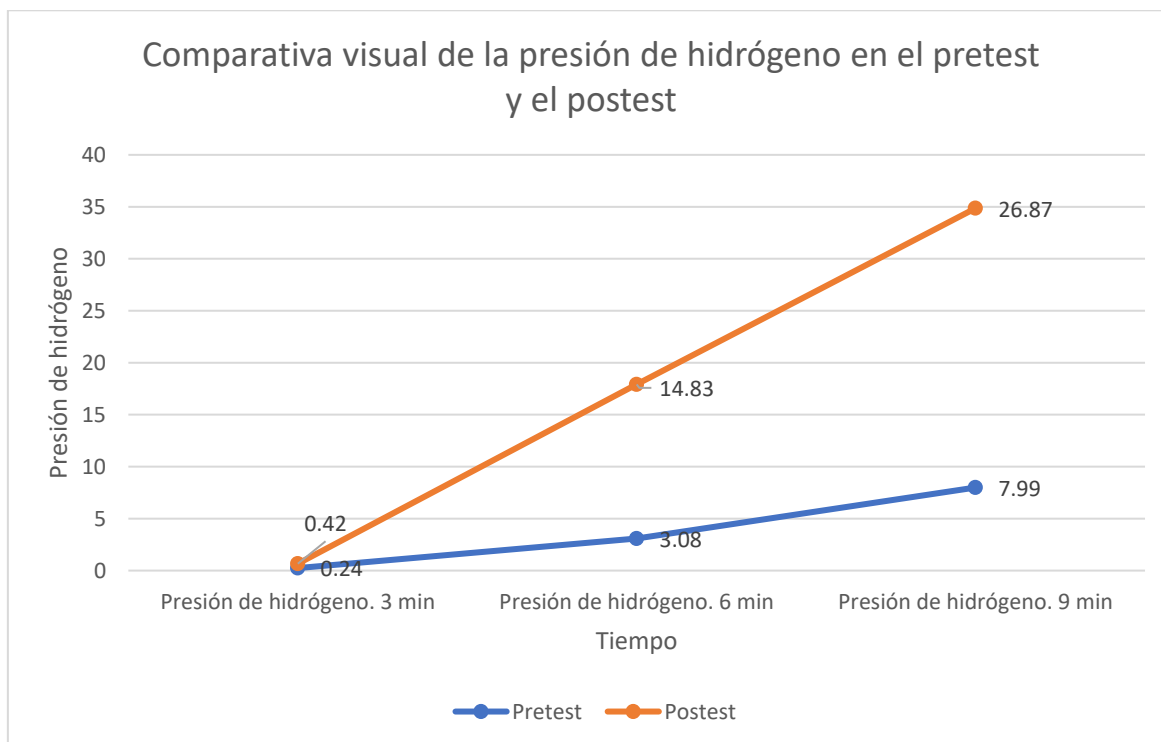
Tabla 6: Estadísticos de grupo. Presión de hidrógeno

	Media	N
Presión de hidrógeno. 9 min (pretest)	7,99 PSI	5
Presión de hidrógeno. 9 min (postest)	26,87 PSI	5

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 6, se puede apreciar que, la presión de hidrógeno medida en presión de hidrógeno, trabajando con un tiempo de 9 minutos en los que se alcanza la producción máxima, ha variado entre el pretest y el postest. Pues se distingue que, el promedio de las mediciones de la presión de hidrógeno en pretest es de 7,99 PSI y el promedio de las mediciones de la presión de hidrógeno en postest fue de 26,87 PSI.

Figura 19: Comparativa visual del proceso de presión de hidrógeno (PSI) en el pretest y el postest



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Figura 3 se distingue la comparativa visual de la presión de hidrógeno en el pretest y postest, tomando en cuenta mediciones de 3 minutos, 6 minutos y 9 minutos. Considerando que la línea azul corresponde al pretest, en el cual se aprecia que a los 3 minutos la presión de hidrógeno tuvo una media de 0,24 PSI; a los 6 minutos alcanzó una media de 3,08 PSI; y a los 9 minutos llegó a la media de 7,99 PSI, siendo este último el valor aproximado al máximo que suele alcanzar. Por otro lado, se aprecia que la línea naranja corresponde al postest, en el cual se aprecia que a los 3 minutos la presión de hidrógeno tuvo una media de 0,42 PSI; a los 6 minutos alcanzó una media de 14,83 PSI; y a los 9 minutos llegó a la media de 26,87 PSI, siendo este último un valor aproximado al máximo que suele alcanzar. Apreciándose claramente el notorio incremento en la presión de hidrógeno que se produce en el postest.

Se estima que a más de 50 PSI el sistema empieza a detectar fallos en los componentes auxiliares como las tuberías y expansión de orrines experimentando fugas y fallos en todo el sistema.

Tabla 7: Prueba t para muestras relacionadas del pretest y postest de la Presión de hidrógeno

	Media	IC 95%		t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior			
Presión de hidrógeno. 9 min (postest) - Presión de hidrógeno. 9 min (pretest)	18,88 PSI	17,30	20,46 PSI	33,136	4	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 7, se puede apreciar que, el resultado obtenido de la prueba t de student en la presión de hidrógeno considerando un tiempo de 9 minutos, es igual a un P valor = $0,000 < 0,05$ por consiguiente se acepta la H_a y se rechaza la H_o es decir que las mediciones del pretest y el postest son significativamente diferentes; por lo tanto se dedujo que en las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

4.10. Respecto al Objetivo Específico 2

OE02: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Para establecer la influencia de las celdas SHR1-002 en la temperatura se efectuaron dos mediciones de la temperatura alcanzada por el sistema del proyecto H2ecoenergy, una en pretest y otra en postest. Luego esas mediciones se sometieron a la estadística inferencial correspondiente para su prueba de hipótesis, para lo cual se hizo uso del estadístico T de Student para muestras relacionadas, el cual se emplea en estudios pre-experimentales de preprueba y posprueba.

Prueba de hipótesis

H_0 : Las celdas SHR1-002 no influyen significativamente en la temperatura del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

H_a : Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la temperatura del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Regla de decisión

Si Valor $p \geq 0,05$, se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

Sí Valor $p < 0,05$, se acepta la H_a y se rechaza la H_0

Tabla 8: Estadísticos de grupo. Temperatura

	Media	N
Presión de hidrógeno. 9 min (pretest)	81,22 °C	5
Presión de hidrógeno. 9 min (postest)	35,84 °C	5

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 8, se puede apreciar que, la temperatura medida en el sistema del proyecto H2ecoenergy, trabajando con un tiempo de 9 minutos en los que el sistema alcanza su producción máxima, ha variado entre el pretest y el postest. Pues se distinguió que, el promedio de las mediciones de la temperatura en pretest es de 81,22 °C y el promedio de las mediciones de la temperatura en postest fue de 35,84 °C.

Tabla 9: Prueba t para muestras relacionadas del pretest y postest de la Temperatura

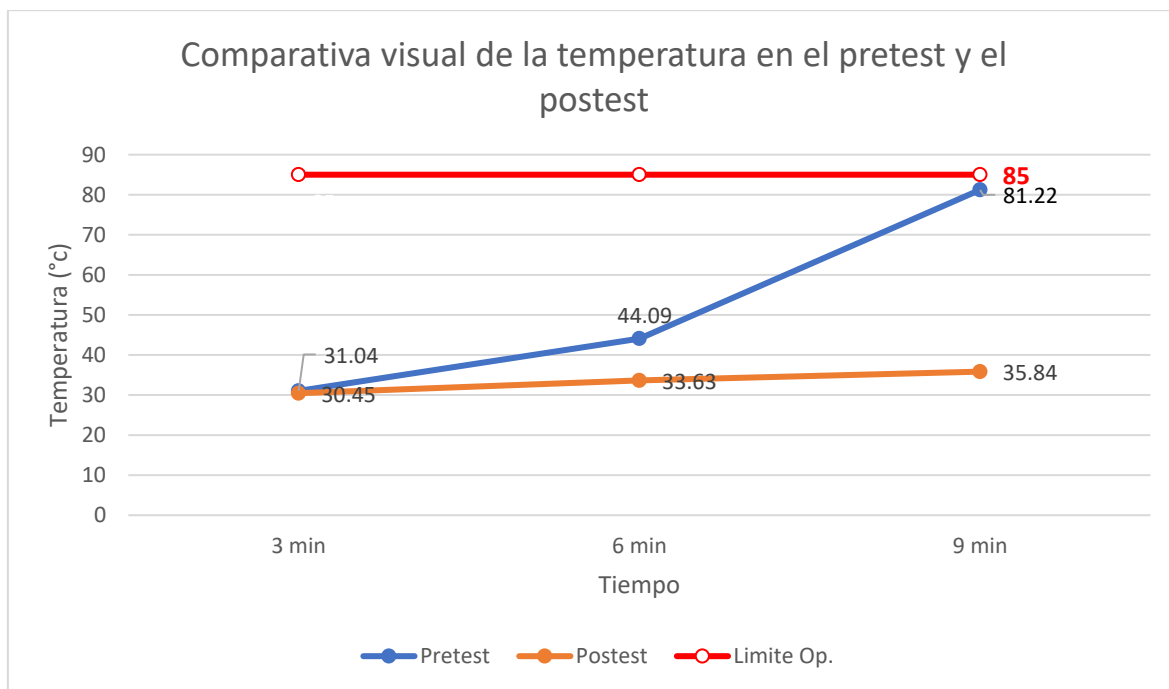
	Media	IC 95%		t	gl	Sig. (P valor)
		Inferior	Superior			
Temperatura. 9 min (postest)	-	43,44 °C	47,32 °C	64,98	4	0,000
Temperatura. 9 min (pretest)	45,38					

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 9, se puede apreciar que, el resultado obtenido de la prueba t de student en la temperatura considerando un tiempo de 9 minutos, es igual a un P valor = 0,000 < 0,05 por consiguiente se acepta la H_a y se rechaza la H_o es decir que las mediciones del pretest y el postest son significativamente diferentes; por lo tanto se deduce que las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la temperatura del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Evolución del calentamiento (temperatura °C) en el sistema del proyecto H2ecoenergy, con base a la temperatura

Figura 20: Comparativa visual del proceso de calentamiento en el sistema del proyecto H2ecoenergy, en pretest y postest



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la Figura 4 se distingue la comparativa visual de la temperatura en el pretest y postest, tomando en cuenta mediciones de 3 minutos, 6 minutos y 9 minutos. Considerando que la línea azul corresponde al pretest, en el cual se aprecia que a los 3 minutos la temperatura tuvo una media de 31,04 °C; a los 6 minutos alcanzó una media de 44,09 °C; y a los 9 minutos llegó a la media de 81,22 °C, siendo este último el valor aproximado al máximo que suele alcanzar. Por otro lado, se aprecia que la línea naranja corresponde al postest, en el cual se distingue que a los 3 minutos la temperatura tuvo una media de 30,45 °C; a los 6 minutos alcanzó una media de 33,63 °C; y a los 9 minutos llegó a la media de 35,84 °C, siendo este último un valor aproximado al máximo que suele alcanzar. Apreciándose claramente el notorio decremento en la temperatura que se produce en el postest.

A los 85°C el sistema empieza a detectar fallos en los componentes auxiliares como las tuberías y dilatación de orrines experimentando fugas y fallos en todo el sistema.

4.11 Respecto al Objetivo Específico 3

OE03: Comparar los costos de la producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 y SHR1-001, en la ciudad de Moquegua, año 2022.

Para determinar los costos de producción se utilizará la producción estimada desarrollada en la simulación de los dos tipos de celda, esta información se encuentra descrita en el capítulo 4.5 de la presente investigación, datos que nos ayudan a determinar el poder calorífico desprendido del hidrogeno producido.

Prueba de hipótesis

HE03: La producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 en comparación al costo de producción de las celdas SHR1-001, es viable económicamente, en la ciudad de Moquegua, año 2022

Para definir nuestra hipótesis, deberemos empezar evaluando la cantidad de hidrogeno producido en base a nuestras estimaciones, la formula descrita en capítulo III del marco teórico con respecto a la ecuación de gases ideales será nuestro punto de partida.

$$P.V = n.R.T \dots (1)$$

Donde para la celda SHR1-001:

P : **Presión (atm)**, de la tabla 2, en base a la estimación a 55 minutos de operación obtenemos una presión de producción es de 2.15 PSI/L, nuestro volumen es 10 LT, por lo que la presión es de 21.5 PSI o *1.46 atm*

V : **Volumen (L)**, *10 L*

n : **número de moles de gas**, la ecuación se puede también expresar de la siguiente forma $n = (m/PM)$ donde “m” es la masa y “PM” peso molecular, *Hidrogeno 2 g/mol*

R : **Constante universal de los gases ideales**, 0.08206
(*ATM.L/mol.K*)

T : **Temperatura (K)**, la temperatura estimada de operación límite aceptable es de 85°C = 358.15 K

Por lo tanto, reemplazando y adecuando la ecuación para obtener la masa de hidrogeno producido.

$$P.V = n.R.T... (1)$$

$$P.V = \frac{m}{PM} . R.T$$

$$m = \frac{PM.P.V}{R.T}... (2)$$

Remplazo de datos en la ecuación para calcular la masa de hidrogeno en estado gaseoso obtenido (2)

$$m = \frac{2 \left(\frac{g}{mol} \right) . 1.46 (atm) . 10 (L)}{0.08206 \left(\frac{atm.L}{mol.K} \right) . 358.15 (K)}$$

$$m = 0.99 (g)$$

$$m = 0.00099 (kg)$$

El poder calorífico inferior del hidrogeno es de 120 000 kj/kg según lo determinado en Cengel et al (2022)

$$PCI_h = 118.8 \text{ kj}$$

Datos y costos de la producción de hidrogeno en la celda SHR1-001:

Costo de KW/h: S/ 0.18, según Electrosur (2018), las celdas de hidrogeno funcionan con 63 Watios (0.063KW), en 55 minutos de operación corresponden a 0.92 horas, es decir 0.057 KWh consumidos por celda (S/ 0.046)

Agua: S/ 0.0047, el precio por m³ es de S/ 2.36

Soda caustica: S/ 0.48, el precio Kg es de S/ 24

Total, costo de producción con respecto a 118.8 kj de energía es de S/ 0.67 centavos.

Donde para la celda SHR1-002:

P : **Presión (atm)**, de la tabla 2, en base a la estimación a 55 minutos de operación obtenemos una presión de producción es de 6.54 psi/L, nuestro volumen es 10 L, por lo que la presión es de 65.4 psi o *4.45 atm*

V : **Volumen (L)**, *10 L*

n : **número de moles de gas**, la ecuación se puede también expresar de la siguiente forma $n = (m/PM)$, *Hidrogeno 2 g/mol*

R : **Constante universal de los gases ideales**, *0.08206 (atm.L/mol.K)*

T : **Temperatura (K)**, la temperatura estimada de operación a los 55 minutos es de $47^{\circ}\text{C} = 320 \text{ K}$

Por lo tanto, remplazando y adecuando la ecuación para obtener la masa de hidrogeno producido.

$$P.V = n.R.T \dots (1)$$

$$P.V = \frac{m}{pm} . R.T$$

$$m = \frac{pm.P.V}{R.T} \dots (2)$$

Remplazo de datos en la ecuación para calcular la masa de hidrogeno en estado gaseoso obtenido (2)

$$m = \frac{2 \left(\frac{g}{mol} \right) . 4.45 (atm) . 10 (L)}{0.08206 \left(\frac{atm.L}{mol.K} \right) . 320 (K)}$$

$$m = 3.38 (g)$$

$$m = 0.00338 (kg)$$

El poder calorífico inferior del hidrogeno es de 120 000 kj/kg según lo determinado en Cengel et al (2022)

$$PCI_h = 405.6 \text{ kj}$$

Datos y costos de la producción de hidrogeno en la celda SHR1-002:

Costo de KW/h: S/ 0.24, según Electrosur (2018), las celdas de hidrogeno funcionan con 84 Watios (0.084KW), en 55 minutos de operación corresponden a 0.92 horas, es decir 0.077 KWh consumidos por celda (S/ 0.06)

Agua: S/ 0.0047, el precio por m³ es de S/ 2.36

Soda caustica: S/ 0.48, el precio Kg es de S/ 24

Total, costo de producción con respecto a 405.60 kj de energía por hidrogeno es de S/ 0.72 centavos.

COMPARACIÓN DE COSTOS

Para igualar los costos de producción debemos estimar cuanto más costaría al modelo de celda SHR1-001 en alcanzar los 405.60 kj de PCI_h

$$x = \frac{405.60(kj) \cdot 0.67(S/.)}{118.8(kj)}$$

Donde x es igual S/. 2.28, por lo tanto, para:

SHR1-001 alcanzar los 405.60 kj de energía tiene un costo de S/. 2.28

SHR1-002 alcanzar los 405.60 kj de energía tiene un costo de S/. 0.72

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio se lograron mediante mediciones realizadas con instrumentos de medición: “manómetro” para la medición de la presión generada en un volumen determinado no variado, tomando como unidad de medida al PSI. y “termómetro” para la medición de la temperatura generada en las celdas, tomando como unidad de medida al °C; tales mediciones se recabaron mediante el instrumento de investigación denominado “ficha de seguimiento”,

tomando en consideración quince mediciones en pretest (5 a los 3 minutos, 5 a los 6 minutos y 5 a los 9 minutos) y otras quince mediciones en posttest (5 a los 3 minutos, 5 a los 6 minutos y 5 a los 9 minutos).

Los datos recabados fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para muestras menores a cincuenta unidades, obteniéndose valores que estuvieron entre 0,415 y 0,883, en todos los casos superiores a 0,05, por lo que se optó por emplear estadística paramétrica para la prueba de hipótesis, siendo el estadístico T de Studen el apropiado para realizar tal evaluación, de cuya aplicación se obtuvo un P valor = $0,00 < 0,05$, confirmándose así la H_a que versa en que las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022; además de comprobarse el alto grado de mejora obtenido gracias a la aplicación de la variable independiente, pues la presión de hidrógeno obtenida en el pretest fue de 7,99 y posterior a la aplicación de las celdas SHR1-002 se obtuvo una presión de hidrógeno de 26,87, lo cual refiere una mejora de la producción del 336.30%.

Asimismo, cabe resaltar que la principal motivación por la que se llevó a cabo el presente estudio fue para incrementar la producción de hidrógeno a través de la aplicación de la celda SHR1-002, considerando la baja producción que traía consigo el modelo de celda antes empleado, mismo que a su vez ocasionaba un excesivo calentamiento del sistema de producción, pudiéndose afirmar que, ambos aspectos fueron abordados exitosamente por la variable independiente incorporada, al reducir la temperatura en las celdas de hidrogeno, manteniéndola estables por debajo de los 40°C, esto sin duda al flujo interno del líquido, producido por la diferencia de presiones al estar conectados en serie, generando un efecto de refrigeración interna, al cual no se alcanzaba con el primero modelo de celda, esto lleva también a concluir, que es necesario innovar el sistema de hidrogeno con un componente adicional como es el tanque de almacenamiento, el cual debería trabajarse a una presión determinada para contemplar el efecto mencionado.

El uso de hidrogeno es aplicado para múltiples usos esta investigación propone la mejora de estos a través de la celda diseñada por el equipo de investigación de H2Eco Energy, comparando los resultados obtenidos con las aportaciones vertidas

por investigaciones afines se puede indicar que, existe similitud en la orientación o finalidad que se quiso alcanzar en las investigaciones realizadas en Europa y Asia, como sucede con el estudio de Galitskaya y Zhdaneev (2022), que indagaron en el desarrollo de tecnologías de electrólisis para la producción de hidrógeno: un estudio de caso de la fabricación de acero verde en la Federación Rusa. Emplearon una metodología de estudio de caso enfocada en la relevancia de la agenda ambiental. Resultando que la amplia gama de aplicaciones de hidrógeno por electrólisis permite hacer posible el proceso de descarbonización en Rusia, asimismo, el hidrógeno limpio es factible de aplicarse en la industria pesada, constructiva, transportes, entre otros.

Del mismo modo, en el estudio realizado por Schropp et al. (2022), que indagaron en la evaluación prospectiva del ciclo de vida: un estudio de caso de producción de hidrógeno con electrólisis de agua, en Alemania. Emplearon la metodología del estudio de caso enfocada a la transición de los escenarios de fondo. Resultando en evidencia el potencial de preservación ambiental que tiene el uso de la electrólisis, para obtener un sistema energético con base a energías renovables. De manera similar, el estudio efectuado por Kakoulaki et al. (2021), que indagaron sobre el hidrógeno verde en Europa: una evaluación regional: sustitución de la producción existente por electrólisis alimentada por energías renovables, para ello se evaluaron 84 regiones europeas con un exceso de 50% de potencial eléctrico. Resultando en el aporte de evidencia sobre la opción de descarbonizar la producción de hidrógeno a nivel Europa, concluyendo con ello que es posible la transición hacia el empleo de sistemas de energía neutrales en carbono. Pudiéndose distinguir que las investigaciones efectuadas en Europa y Asia se asemejan a la presente en la finalidad accesoria, pues en ambos casos el empleo de la electrólisis trae consigo un beneficio en la preservación del medio ambiente, lo que se prioriza sobre todo en Europa, donde el compromiso con la agenda verde parece ser primordial en el enfoque de sus investigaciones.

El presente estudio también encuentra semejanzas con las investigaciones realizadas en América Latina, como es el caso del estudio de Chicas y Guzmán (2021), que indagaron sobre la producción de hidrógeno por electrólisis de agua utilizando energía solar y evaluación de su uso como combustible fuente de energía

térmica, en el Salvador. Empleando para ello prototipos de producción de hidrógeno con energía solar. Resultando que estos prototipos fueron efectivos a nivel práctico para la generación de hidrógeno y oxígeno en cantidades constantes en el tiempo. Del mismo modo, el estudio de Núñez (2018), que desarrolló un sistema modular de reacción para el estudio de la producción de oxígeno e hidrógeno a partir de la electrólisis del agua, en Puebla. Elaborando un módulo a partir de diseños geométricos con capacidad de generación de oxígeno e hidrógeno a partir de la electrólisis del agua. Pudiéndose apreciar que el empleo de la electrólisis como variable de estudio es una práctica que también se ha llevado a cabo en los países de Centroamérica.

Esta misma tendencia se distingue en el estudio de Sánchez (2019), quien desarrolló y validó un modelo de simulación de sistemas de electrólisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables, en Madrid. Resultando que el hidrógeno se destaca por brindar tres veces la energía que proporciona otro tipo de combustible. De igual manera De la Fuente (2019), indagó en la caracterización y funcionamiento de un generador de hidrógeno, en Tulacingo. Evidenciando las capacidades del hidrógeno para aplicaciones prácticas. Del mismo modo, las investigaciones nacionales de Baltazar (2020), que diseñó un generador de hidrógeno para la optimización de la combustión de un motor Volkswagen, en Huancayo. Pudiendo desarrollar un generador de hidrógeno que posteriormente se pudo aplicar en un motor Volkswagen 1.5 L. Resultando un impacto positivo del hidrógeno en la combustión del motor, con un 11% menos de ppm comparado con la gasolina, produciendo así un efecto positivo en la disminución de gases contaminantes. Asimismo, Vasquez (2022) diseñó una máquina generadora de hidrógeno por electrólisis, en Mogrovejo, aplicando el software SolidWorks. Resultando que el diseño realizado logró reducir una cantidad de 5496 litros de hidrógeno por hora. En estas investigaciones se puede distinguir que existe semejanza con el presente, pues en ambos casos se ha logrado llegar a resultados que demuestran la eficiencia en la generación de energía por medio de la electrólisis del agua.

Por otro lado, sobre la evaluación de viabilidad económica en comparación con el modelo de celda SHR1-001 se determinó que la celda SHR1-002 es

económicamente 3.17 veces más barato, por ende viable económicamente; estos resultados son alentadores para continuar investigando e implementando mejoras al sistema con el fin de volverlo industrialmente viable en comparación a otras fuentes de energía como el GLP o GNV, sin embargo la discusión para futuras investigaciones se sugiere que se ahonde en la comparación de los costos de producción del hidrogeno utilizando diferentes fuentes renovables, considerando la estimación de inversión y retorno para volver esta fuente de energía aún más asequible con la población y los procesos térmicos para el desarrollo del ser humano.

VI. CONCLUSIONES

Tras culminar este estudio se han podido llegar a las siguientes conclusiones:

Respecto al objetivo General, que fue determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy. Se pudo apreciar que, la media de la medición de la producción de hidrógeno en pretest tuvo un valor de 0,80 PSI/LT y la medición de la producción de hidrógeno en posttest tuvo un valor de 2,69 PSI/LT, lo cual refiere un incremento de producción de hidrógeno del 336,30%. El tiempo operativo de 9 en el pre-test y post-test respectivamente fue ejecutado de esta forma debido a las condiciones operativas del sistema, diseñadas para producción continua y el almacenamiento solo aplica para medir la diferencia en la cantidad de gas producido por el sistema. La estadística inferencial a través de la aplicación de la prueba T de Student para muestras relacionadas permitió obtener un P valor = $0,00 < 0,05$; quedando así descartada la H_0 y comprobada la H_a , es decir que, las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Referente al objetivo específico 1, que versó en determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy. Se pudo apreciar que, la media de la medición de la presión de hidrógeno en pretest tuvo un valor de 7,99 PSI y la medición de la presión de hidrógeno en posttest tuvo un valor de 26,87 PSI, lo que significa que existe una diferencia de medias de 18,88 PSI. Asimismo, la estadística inferencial a través de la aplicación de la prueba T de Student para muestras relacionadas permitió obtener un P valor = $0,00 < 0,05$; quedando así descartada la H_0 y comprobada la H_a , es decir que, las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Respecto al objetivo específico 2, orientado a determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la temperatura del sistema del proyecto H2ecoenergy. Obteniéndose una media de la medición de la temperatura en pretest igual a 81,22 °C y una media

de la medición de la temperatura en posttest igual a 35,84 °C, apreciándose una diferencia de medias de 45,38 °C. Además, conforme a la estadística inferencial ejecutada por la aplicación de la prueba T de Studen para muestras relacionadas, se pudo obtener un P valor = 0,00 <0,05; quedando así descartada la H_0 y confirmada la H_a , que versa en que, las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la temperatura del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.

Respecto al objetivo específico 3, se determinó que la producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 en comparación al costo generado por las celdas SHR1-001 son 3.17 veces mas barato por lo tanto se determina que el modelo de celdas SHR1-002 son más viables económicamente debido a los resultados obtenidos en la mejora de conductividad, diseño y su estabilidad térmica operativa, lo cual permite optimizar la producción y en consecuencia tener un modelo más rentable económicamente.

VII. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en esta investigación, además como el contenido teórico que se pudo ir recabando durante su desarrollo, se pueden brindar las siguientes recomendaciones:

Con respecto al objetivo general, se recomienda al equipo Ecoenergy, que debido a que se ha podido comprobar su efectividad en la producción de hidrógeno, ahondar más en prototipos que utilicen la turbulencia interna del sistema para diseños que permitan usar este efecto como refrigerante interno en futuras investigaciones orientando sus esfuerzos en la incorporación de tecnologías amistosas con el medio ambiente.

Con respecto al primer objetivo específico, se recomienda a los especialistas encargados de operar el sistema de producción de hidrógeno del proyecto H2ecoenergy mantener un seguimiento del funcionamiento de las celdas SHR1-002 con el fin de apreciar la evolución del sistema ante presiones internas y externas en el almacenamiento con el fin de mejorar los componentes de generación, distribución y almacenamiento identificando posibles fallas operativas. Dentro de la investigación se realizó estimaciones y simulaciones con respecto a la producción de hidrogeno, estas deben corroborarse en laboratorio y futuras experimentaciones para determinar la simulación más cercana a la realidad.

Con respecto al segundo objetivo específico, se recomienda investigar en nuevos materiales para los ánodos y cátodos que cumplan con una alta conductividad eléctrica y térmica para optimizar aún más el enfriamiento del sistema.

Con respecto al tercer objetivo específico, se debe evaluar nuevas alternativas de energía amigable con el medio ambiente para abaratar los costos de producción y/o determinar maneras más eficientes para la obtención de hidrogeno, como el cambio de fuente para su obtención, ejemplo el uso de agua residuales de ciudades el cual por propiedad contiene una alta conductividad eléctrica y los procesos de agua recuperada pueden alinearse a los procesos de producción de hidrogeno.

El uso de energías renovables como la solar o eólica son actualmente alternativas viables para ser consideradas en futuras investigaciones relacionadas a la producción de hidrogeno.

REFERENCIAS

- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Navales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Arias-Valencia, S., & Peñaranda, F. (2015). La investigación éticamente reflexionada. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 33(3), 444-451. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v33n3a15>
- Baltazar-Ortega, P. M. (2020). *Diseño de un generador de hidrógeno para optimizar la combustión de un motor Volkswagen 1.5 L en la ciudad de Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8444>
- Burbano-Ercilla, S., Burbano-García, E., & Gracia-Muñoz, C. (2006). *FISICA GENERAL*. Tébar. https://www.academia.edu/9601665/FISICA_GENERAL_BURBANO
- Cabanillas-Mendoza, C., Valdez, L. A., Cabrera, C. A., Merino, C. A., Bentz, E. N., & Provasi, P. F. (2019). Ley de Faraday y Ley de Biot y Savart: Campo magnético de una espira circular en un punto fuera del eje. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5(0), 240-252. <https://doi.org/10.30972/eitt.503758>
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de la investigación científica* (2.^a ed.). San Marcos.
- Chicas-Padilla, J. A., & Guzmán-Cruz, W. C. (2021). *Producción de hidrógeno por electrólisis de agua utilizando energía solar y evaluación de su uso como combustible fuente de energía térmica* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/23254/>

CONCYTEC. (2019). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT.*

https://portal.concytec.gob.pe/images/noticias/Propuesta_del_nuevo_Reglamento_del_investigador.pdf

De la Fuente-Colín, J. F. (2019). *CARACTERIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR DE HIDRÓGENO* [Tesis magistral, Universidad Politécnica de Tucalancingo].

http://www.upt.edu.mx/Contenido/Investigacion/Contenido/TESIS/MER/2019/MER_T_2019_02_FFC.pdf

EFEverde. (2020). Contaminación por combustibles fósiles causa 4,5 millones de muertes al año. *EFEverde.*

<http://www.efeverde.com/noticias/contaminacion-combustibles-fosiles-muertes/>

Galitskaya, E., & Zhdaneev, O. (2022). Development of electrolysis technologies for hydrogen production: A case study of green steel manufacturing in the Russian Federation. *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102517.

<https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102517>

Gonzales-Gil, J. E., Diaz-Rey, Á. O., & González-Estrada, O. A. (2018). Análisis de un generador de HHO de celda seca para su aplicación en motores de combustión interna. *Revista UIS Ingenierías*, 17(1), 143-154.

<https://doi.org/10.18273/revuin.v17n1-2018013>

Greenpeace. (2020). *Informe pionero en el análisis de los costes de la contaminación provocada por los combustibles fósiles* [Institucional].

Greenpeace España. <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/la-contaminacion-por-la-quema-de-carbon-petroleo-y->

gas-provoca-45-millones-de-muertes-al-ano-en-todo-el-mundo-segun-greenpeace/

Greenpeace México. (2021). *¿Cómo afectan los combustibles fósiles a la salud humana?* [Institucional]. Greenpeace México. <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9853/como-afectan-los-combustibles-fosiles-a-la-salud-humana>

H2ecoEnergy. (2019). *Informe de desarrollo del proyecto H2EcoEnergy* (p. 6). H2EcoEnergy.

H2ecoEnergy. (2022). *Entrevista con representantes del Proyecto H2ecoEnergy* [Comunicación personal].

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Interamericana. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrall Hill Education.

Jiménez-Becerra, F. A., Oviedo-Tolentino, F., Loredó-Tovías, M., & Gallegos-Guerrero, M. A. (2021). Estudio experimental de la producción de hidrógeno en una celda electrolítica alcalina. *Memorias del XXVII congreso internaciona anual de la SOMIM*, 8.

Juárez-Sandoval, A., Cruz-Gómez, M. A., Juárez-Zerón, T. A., & Ochoa-Barragán, J. F. (2018). *Caracterización de celda para producción de hidrógeno con fin de generar combustible alternativo para motores de combustión interna*.

https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Energias_Renovables/vol2num6/Revista_de_Energias_Renovables_V2_N6_3.pdf

Kakoulaki, G., Kougias, I., Taylor, N., Dolci, F., Moya, J., & Jäger-Waldau, A. (2021). Green hydrogen in Europe – A regional assessment: Substituting existing production with electrolysis powered by renewables. *Energy Conversion and Management*, 228, 113649.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113649>

López, P. L. (2004). Población, muestra y muestreo. *Punto Cero*, 09(08), 69-74.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Malo-Arrázola, J. E., & Menéndez-Pérez, J. E. (2013). *La huella ecológica de la energía y sus conexiones con la economía y la geopolítica* (Universidad Autónoma de Madrid. Fundación General). UAM. Departamento de Ecología.

Martins, A. (2021). La contaminación que causa 1 de cada 5 muertes en el mundo (y cuáles son los países de América Latina más afectados). *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56001440>

Milla González, M. (2020). *Electrolisis. El equivalente electroquímico*. 61. <https://rodin.uca.es/handle/10498/22404>

Ministerio de Ambiente. (2021). *Minam presenta Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/499990-minam-presenta-inventario-nacional-de-gases-de-efecto-invernadero>

Morales-Gramal, L. J. (2022). *Estrategias didácticas innovadoras para la enseñanza aprendizaje de la unidad temática «Corriente eléctrica» en*

Segundo año de Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa «Otavalo» de la provincia Imbabura.

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12516>

Morante, J., Andreu, T., García, G., Guilera, J., Tarancón, A., & Torrell, M. (2020).

Hidrógeno. Vector energético de una economía descarbonizada (2da edición). Fundación Naturgy.

<https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/hidrogeno-vector-energetico-de-una-economia-descarbonizada/>

National Aeronautics and Space Administration. (2018). *Las causas del cambio*

climático [Institucional]. Climate Change: Vital Signs of the Planet.

<https://climate.nasa.gov/causas>

National Geographic. (2022). *Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como*

combustible alternativo [Informativa]. www.nationalgeographic.com.es.

https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897

Nechache, A., & Hody, S. (2021). Proceso electrolisis Alternative and innovative

solid oxide electrolysis cell materials: A short review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111322.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111322>

Núñez-Borja, A. (2018). *Desarrollo de un sistema modular de reacción para el*

estudio de la producción de oxígeno e hidrógeno a partir de la electrólisis del agua [Tesis de pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/7313>

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *COP26 | Naciones Unidas*. United

Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/cop26>

- Ramos, A. C. M., Figueroa, M. P., Gallardo, J. R. P., & Almaraz, S. D. L. (2017). Energías renovables y el hidrógeno: Un par prometedor en la transición energética de México. *Investigación y Ciencia*, 25(70), 92-101. <https://www.redalyc.org/journal/674/67451351012/html/>
- Redondo-Quintela, F., & Redondo-Melchor, R. C. (2006). *Corriente eléctrica*. 32. <https://electricidad.usal.es/Principal/Fenomenos/Publicaciones/Publicaciones.php>
- Rincón-Lopez, J., & Albello-Castañeada, S. (2017). *Análisis de la deposición electrogravimétrica del cobre y su aplicación en recubrimientos níquelados.pdf*. 8. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52281190/Analisis_de_la_deposicion_electrogravimetrica_del_cobre_y_su_aplicacion_en_recubrimientos_niquelados-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663274612&Signature=TdFfS2F2w75vSr1TqW7erlgSi9cXh4f6D27QECIkBP~TQgcmU0AZUDHiiJeQ6yz~zC8VTeQ3F8XfJVp6RuJAYe10SpDSZ1-Diax7eFUukYTW8NFTnyhoMPy17lp8gZRlyHPloLG~IfILakNxfhb1cXgJvSOUvdEwVEGScY84KiyRPujEq8YsflEwpq9mYNGde454OGFo7Mw0moQLWdPIQekrtOotuAnPirpE~BSj8beaWepiGe~uvU9b3uGRrFZJNrS5LjBm0wanB-5744ARfqV2Eh~yKEO8dG--dAEhIKngDAXTT8KYwQEiWzJNqK-fFrA0nxKbxgdGVoz1b6KOSdw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Roldán, G., & Evangelista, I. (2022). *Gases ideales y sustancias reales*. Instituto Politécnico de la Universidad Nacional de Rosario.

- Sánchez-Delgado, M. (2019). *Desarrollo y validación de un modelo para la simulación de sistemas de electrólisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/62567/>
- Schropp, E., Naumann, G., & Gaderer, M. (2022). Prospective Life Cycle Assessment: A Case Study of Hydrogen Production with Water Electrolysis. *Procedia CIRP*, 105, 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.016>
- Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, Pub. L. No. RESOLUCIÓN DE VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN N°011-2020-VI-UCV, 41 (2020).
- Vasquez-Polo, D. A. (2022). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA GENERADORA DE HIDRÓGENO MEDIANTE ELECTRÓLISIS PARA UTILIZARLO COMO VECTOR ENERGÉTICO EN UN AUTO ELÉCTRICO* [Tesis de pregrado]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Çengel, Y. A., Dall'Ò, G., & Sarto, L. (2022). *Termodinámica y Transmisión del calor*. McGraw-Hill Education.
- EMP.REG.SERV.PUB.ELECT. ELECTROSUR S.A. (s/f). Com.pe. Recuperado el 30 de enero de 2023, de <http://www.electrosur.com.pe/>
- INDECOPI. (2012). Norma Técnica Peruana (NTP) - GAS LICUADO DE PETROLEO. INDECOPI.

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia

Mejora de celdas SHR1-002 para la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy realizado en la ciudad de Moquegua				
MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGÍA
¿De qué manera influyen las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022?	Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022.	Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.	<ul style="list-style-type: none"> Modelo de celdas de producción de hidrógeno SHR1-002. 	$GE : O_1 \leftarrow X \rightarrow O_1$ <p>Donde: GE: Grupo Experimental X: Variable independiente: Modelo de celdas de producción de hidrógeno SHR1-002 O1: Medición pretest de la eficiencia de producción de hidrógeno O2: Medición posprueba de la eficiencia de producción de hidrógeno O3: Comparación de costos generados para la producción de hidrogeno de las celdas SHR1-002</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICAS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	
PE01: ¿De qué manera influyen las de celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la	OE01: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la	HE01: Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la presión de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia de producción de hidrógeno 	

<p>ciudad de Moquegua, año 2022?</p> <p>PE02: ¿De qué manera influyen las de celdas SHR1-002 en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, año 2022?</p> <p>PE03: ¿Es viable económicamente la producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 en comparación al costo de producción de las celdas SHR1-001, en la ciudad de Moquegua, año 2022?</p>	<p>ciudad de Moquegua, 2022.</p> <p>OE02: Determinar la influencia de las celdas SHR1-002 en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.</p> <p>OE03: Comparar los costos de la producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 y SHR1-001, en la ciudad de Moquegua, año 2022.</p>	<p>producción en la ciudad de Moquegua, 2022.</p> <p>HE02: Las celdas SHR1-002 influyen significativamente en la temperatura de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el Ministerio de la producción en la ciudad de Moquegua, 2022.</p> <p>HE03: La producción de hidrógeno por las celdas SHR1-002 en comparación al costo de producción de las celdas SHR1-001, es viable económicamente, en la ciudad de Moquegua, año 2022</p>		<p>comparados con el costo de producción de las celdas SHR1-001.</p>
--	--	---	--	--

ANEXO 2

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Escala de medición	Indicadores	Instrumento
Modelo de celdas de producción de hidrogeno SHR1-002.	Independiente	La celda de producción de hidrógeno servirá para sustentar su eficiencia en la producción de hidrogeno (Jiménez-Becerra et al., 2021)	La celda de generación de hidrógeno se operacionaliza en las dimensiones: resistencia eléctrica de celdas, flujo de corriente y cantidad de voltaje (Jiménez-Becerra et al., 2021).	Resistencia eléctrica de las celdas Indicador: Ohmios (Ω)	Razón	Variación de resistencia eléctrica en circuito debido al cambio y mejoras de celda para la producción de hidrogeno.	Multímetro
				Flujo de corriente Indicador: Amperios (A)	Razón	Flujo de amperaje dentro del sistema y como su variación afecta al sistema de producción de hidrogeno	Amperímetro
				Cantidad de voltaje Indicador: Voltaje (V)	Razón	Voltaje introducido dentro del circuito y como su variación afecta al sistema de producción de hidrogeno	Multímetro

Eficiencia de producción de hidrogeno	Dependiente	La eficiencia de producción de hidrogeno teórico está referida a la optimización, incluyendo la cantidad de hidrógeno y los costos, producido por la celda Morante et al. (2020).	La eficiencia de producción de hidrogeno en el sistema se operacionaliza en: presión, temperatura y costos Baltazar (2020).	Presión Indicador: PSI	Razón	Presión generada en un volumen determinado no variado.	Manómetro
				Temperatura Indicador: °C	Razón	Temperatura generada en las celdas.	Termómetro
				Costos operativos	Razón	Soles (S/)	Registro de costos

ANEXO 3

Instrumento de investigación: Ficha de seguimiento

FICHA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO			
N° de medición	Fecha	Indicadores	
		Presión de hidrógeno PSI	Temperatura °C

ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador:** Gallegos Ramos, Néstor Antonio
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** Director de Apoyo y Gestión de la investigación de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios
- 1.3. Especialidad del validador:** Estadístico
- 1.4. Nombre del instrumento:** Ficha de seguimiento de la Producción de Hidrógeno
- 1.5. Título de la investigación:** “Mejora de celdas SHR1-002 para la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy realizado en la ciudad de Moquegua”.
- 1.6. Autores del instrumento:** Bustamante Villanueva, Fred Ángel
Claverias Atajo, Helberth Augusto

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. Organización	Existe una organización lógica.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN					X	



III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS



Variable dependiente: Producción de hidrógeno

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Presión de hidrógeno	PSI Presión generada en un volumen determinado no variado	X		
Temperatura	°C Temperatura generada en las celdas	X		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Madre de Dios, 10 de junio del 2022

Firma del experto informante

DNI N°: 01235884

Teléfono: 969702068

CIP: 71472

**ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN****I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador:** QUISPE FLORES JUVENAL ANTONIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** JEFE DE PROYECTOS – COPROYING S.A.C.
- 1.3. Especialidad del validador:** MAGISTER EN GESTIÓN DE LA ENERGÍA
- 1.4. Nombre del instrumento:** Ficha de seguimiento de la Producción de Hidrógeno
- 1.5. Título de la investigación:** "Mejora de celdas SHR1-002 para la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy realizado en la ciudad de Moquegua".
- 1.6. Autores del instrumento:** Bustamante Villanueva, Fred Ángel
Claverias Atajo, Helberth Augusto

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. Organización	Existe una organización lógica.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN					X	



III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

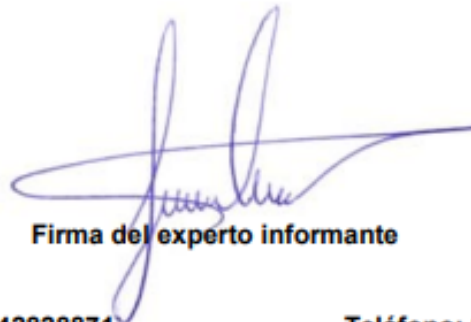
✚ Variable dependiente: Producción de hidrógeno

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Presión de hidrógeno	PSI Presión generada en un volumen determinado no variado	X		
Temperatura	°C Temperatura generada en las celdas	X		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Moquegua, 15 de julio del 2022



Firma del experto informante

DNI N°: 42828871

Teléfono: 958003000

CIP: 133716



ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: VÁSQUEZ CHARCAPE, YURY
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA**
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Mecánico
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de seguimiento de la Producción de Hidrógeno
- 1.5. Título de la investigación: "Mejora de celdas SHR1-002 para la producción de hidrógeno del sistema del proyecto H2ecoenergy realizado en la ciudad de Moquegua".
- 1.6. Autores del instrumento: Bustamante Villanueva, Fred Ángel
Claverias Atajo, Helberth Augusto

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología			X		
4. Organización	Existe una organización lógica.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.			X		
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN					X	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ Variable dependiente: Producción de hidrógeno

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Presión de hidrógeno	PSI Presión generada en un volumen determinado no variado	X		
Temperatura	°C Temperatura generada en las celdas	X		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 75 %

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Moquegua, 10 de julio del 2022



.....
 (ING. YURY VASQUEZ CHARCAPE
 D.N.I. N° 18107656

Firma del experto informante

DNI N°: 18107656

Teléfono: 952913453

CIP: 61199



ANEXO 5

Carta de uso de autorización de datos



[OFFICIAL]

" AÑO DEL BICENTENARIO DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA DEL PERU"

CARTA N° 001-2022

Moquegua, 29 de mayo 2022

Señor:

Fred Angel Bustamante Villanueva

Presente. -

De mi mayor consideración:


Yo, Helberth Augusto Claverias Atajo, identificado con DNI N° 71540195 en mi calidad de líder fundador del proyecto de investigación H2ecoenergy de la ciudad de Moquegua, Perú.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Fred Angel Bustamante Villanueva identificado con DNI N° 44103341 bachiller de ingeniería Mecánica Eléctrica para que utilice la información del proyecto H2Ecoenergy en su trabajo de investigación sobre "Mejora de celdas para la producción de hidrogeno en el sistema del proyecto H2ecoenergy financiado por el ministerio de la producción [CONTRATO 485 – INNOVATEPERU-EIN-217] en la ciudad de Moquegua", con la finalidad de que pueda desarrollar su trabajo de investigación. Con la condición de no exponer información sensible como, diagramas técnicos, calculos de diseño y otros que puedan atentar contra nuestro proceso de obtención de patente con respecto a los modelos de celda y sistema en general, al compartir la información en una tesis de investigación de dominio público; ya que según lo expuesto se trata de una investigación experimental que demostrará la mejora de producción de hidrogeno a partir de un concepto eléctrico básico, y sus efectos producidos en el sistema.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,


.....
Helberth Augusto Claverias Atajo
RUC. 10715401954

HELBERTH AGUSTO CLAVERIAS ATAJO

D.N.I. N° 71540195

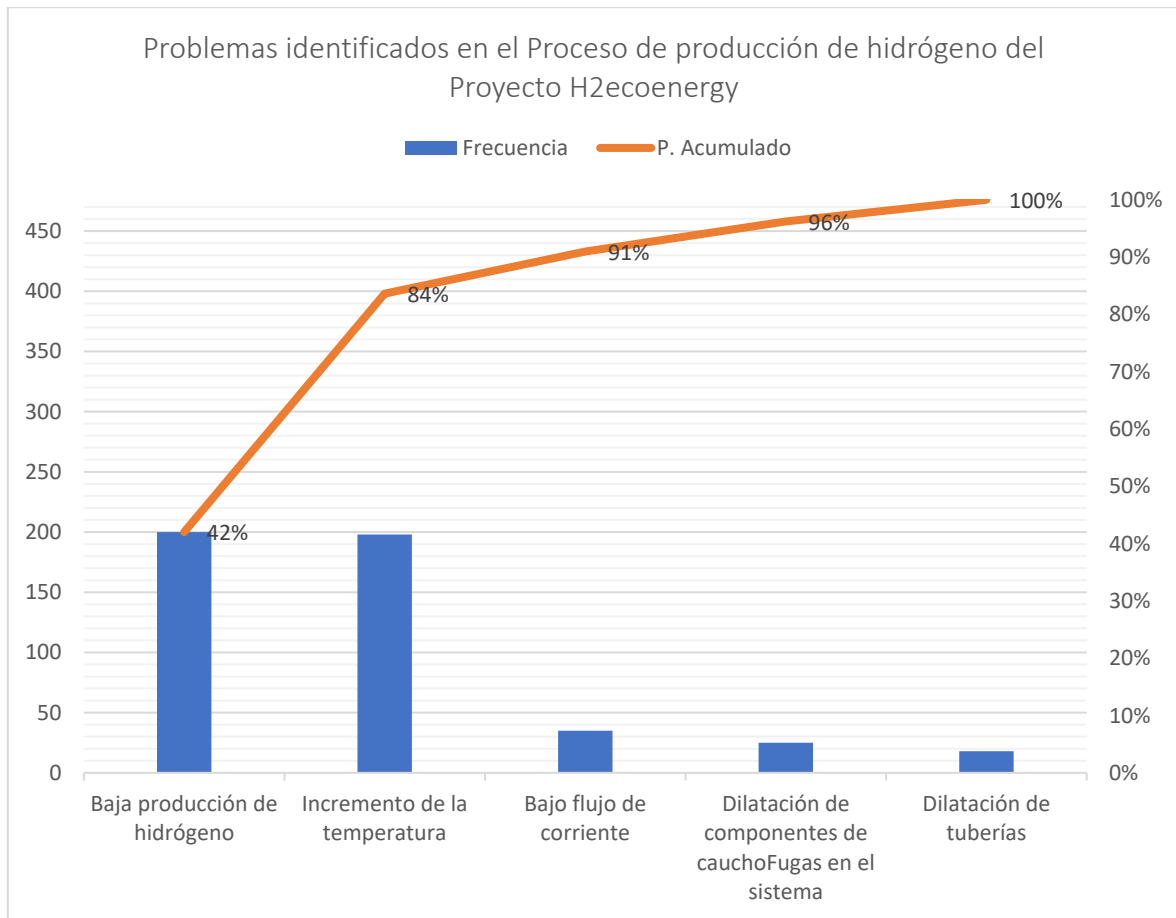
Líder del proyecto "H2ecoenergy"

Dirección: Asoc. Vicente Zeballos V-25, Chen Chen -
Moquegua

Teléfono: 985011358
Correo: h2ecoenergy@gmail.com



Anexo 6: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

Del diagrama de Pareto se distingue que, los principales problemas identificados en el Proceso de producción de hidrógeno del Proyecto H2ecoenergy son la baja producción de hidrógeno y el incremento de la temperatura, siendo tales problemas los que se logran abordar por medio de la implementación de las celdas SHR1-002 (variable independiente), mismas que permitirán incrementar la producción de hidrógeno y simultáneamente disminuir el calentamiento del sistema de producción de hidrógeno.



Anexo 7: Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Presión de hidrógeno pretest, 9 min	,901	5	,415
Presión de hidrógeno posttest, 9 min	,886	5	,340
Temperatura pretest, 9 min	,941	5	,675
Temperatura posttest, 9 min	,971	5	,883

Fuente: Elaboración propia

En la determinación de la normalidad se hizo uso de la prueba Shapiro Wilk para muestras inferiores a 50 unidades. Obteniéndose significancias de: $0,415 < 0,05$; $0,340 < 0,05$; $0,675 < 0,05$; $0,883 < 0,05$; todas las cuales son superiores a $0,05$ por lo tanto, los datos obtenidos indican una distribución normal y corresponde emplear la estadística paramétrica en la prueba de hipótesis, para este caso el estadístico apropiado es la prueba T de Student para muestras relacionadas.



Anexo 8: Estadística descriptiva de la Presión de hidrógeno (pretest)

Estadísticos descriptivos de la presión de hidrógeno (pretest)

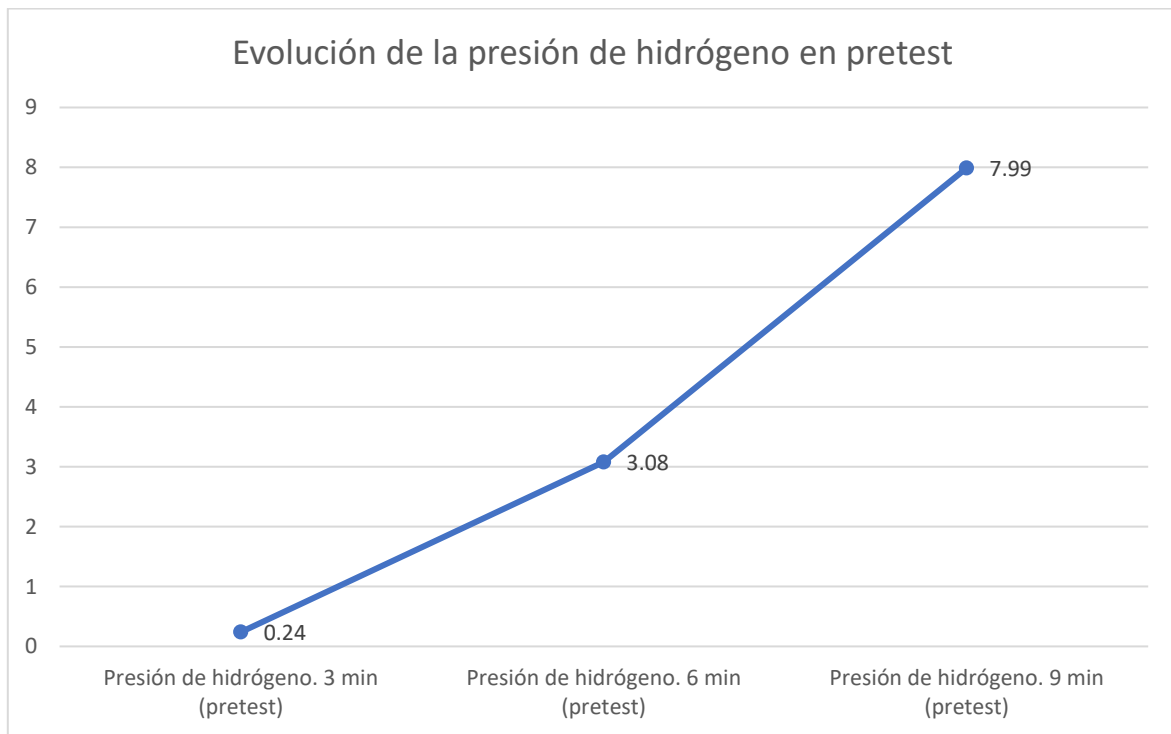
Mediciones en pretest	N	Mínimo	Máximo	Media
Presión de hidrógeno, 3 min (pretest)	5	,15	,40	,240
Presión de hidrógeno, 6 min (pretest)	5	2,70	3,40	3,08
Presión de hidrógeno, 9 min (pretest)	5	7,80	8,20	7,99

Fuente: Procesamiento estadístico con SPSS.

En la tabla precedente, se distinguen los estadísticos descriptivos de la presión de hidrógeno en el pretest. Distinguiéndose que, se analizaron 5 mediciones por cada uno de los lapsos de tiempo considerados, consistentes en 3 min, 6 min y 9 min. En las mediciones de la presión de hidrógeno efectuadas a los 3 min el valor mínimo fue de 0,15; el valor máximo fue de 0,40 y la media fue de 0,240. En las mediciones de la presión de hidrógeno efectuadas a los 6 min el valor mínimo fue 2,70; el valor máximo fue de 3,40 y la media fue 3,08. En las mediciones de la presión de hidrógeno efectuadas a los 9 min el valor mínimo fue de 7,80; el valor máximo fue de 8,20 y la media fue de 7,99.



Anexo 9: Proceso de evolución de la presión de hidrógeno en pretest



Fuente: Elaboración propia.

En la figura precedente se aprecia que, la medición de la presión de hidrógeno en el pretest, considerando mediciones efectuadas a los 3, 6 y 9 minutos, obtuvo como medias: a los 3 minutos 0,24; a los 6 minutos 3,08; y a los 9 minutos 7,99.

Anexo 10: Estadística descriptiva de la Presión de hidrógeno (postest)

Estadísticos descriptivos de la presión de hidrógeno (postest)

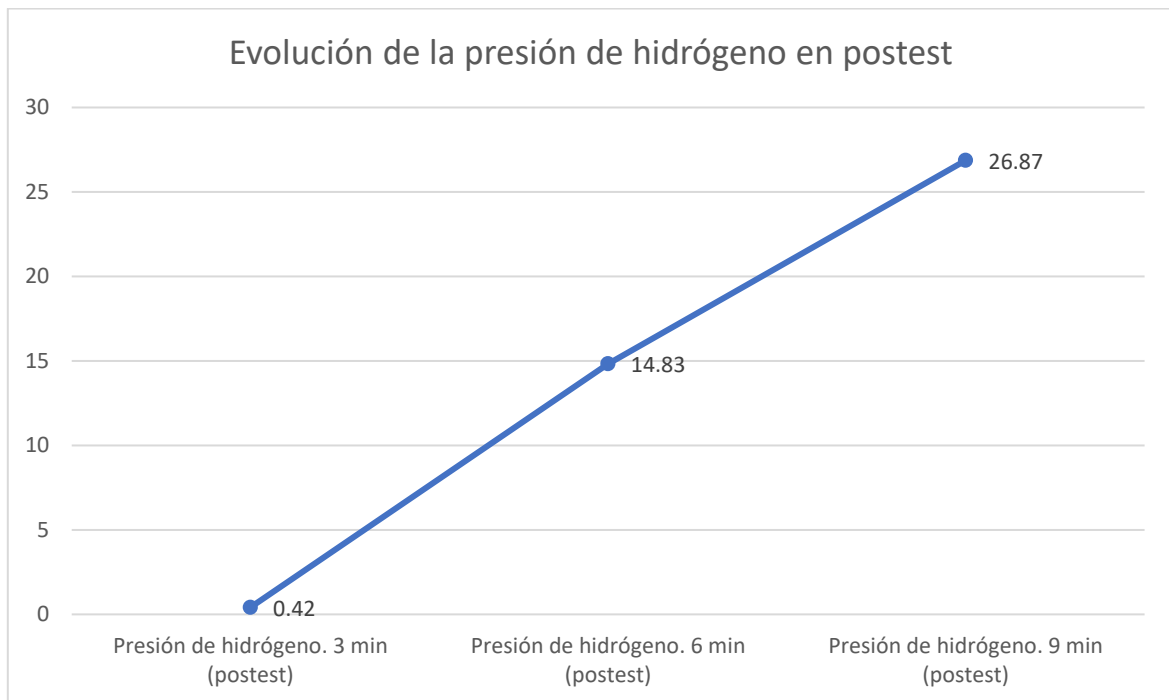
Mediciones en pretest	N	Mínimo	Máximo	Media
Presión de hidrógeno, 3 min (postest)	5	,25	,60	,420
Presión de hidrógeno, 6 min (postest)	5	13,90	15,54	14,83
Presión de hidrógeno, 9 min (postest)	5	25,40	28,00	26,87

Fuente: Procesamiento estadístico con SPSS.

En la tabla precedente, se distinguen los estadísticos descriptivos de la presión de hidrógeno en el postest. Distinguiéndose que, se analizaron 5 mediciones por cada uno de los lapsos de tiempo considerados, consistentes en 3 min, 6 min y 9 min. En las mediciones de la presión de hidrógeno efectuadas a los 3 min el valor mínimo fue de 0,25; el valor máximo fue de 0,60 y la media fue de 0,420. En las mediciones de la presión de hidrógeno efectuadas a los 6 min el valor mínimo fue 13,90; el valor máximo fue de 15,54 y la media fue 14,83. En las mediciones de la presión de hidrógeno efectuadas a los 9 min el valor mínimo fue de 25,40; el valor máximo fue de 28,00 y la media fue de 26,87.



Anexo 11: Proceso de evolución de la presión de hidrógeno en postest



Fuente: Elaboración propia.

En la figura precedente se aprecia que, la medición de la presión de hidrógeno en el postest, considerando mediciones efectuadas a los 3, 6 y 9 minutos, obtuvo como medias: a los 3 minutos 0,42; a los 6 minutos 14,83; y a los 9 minutos 26,87.



Anexo 12: Estadística descriptiva de la Temperatura (pretest)

Estadísticos de grupo. Temperatura

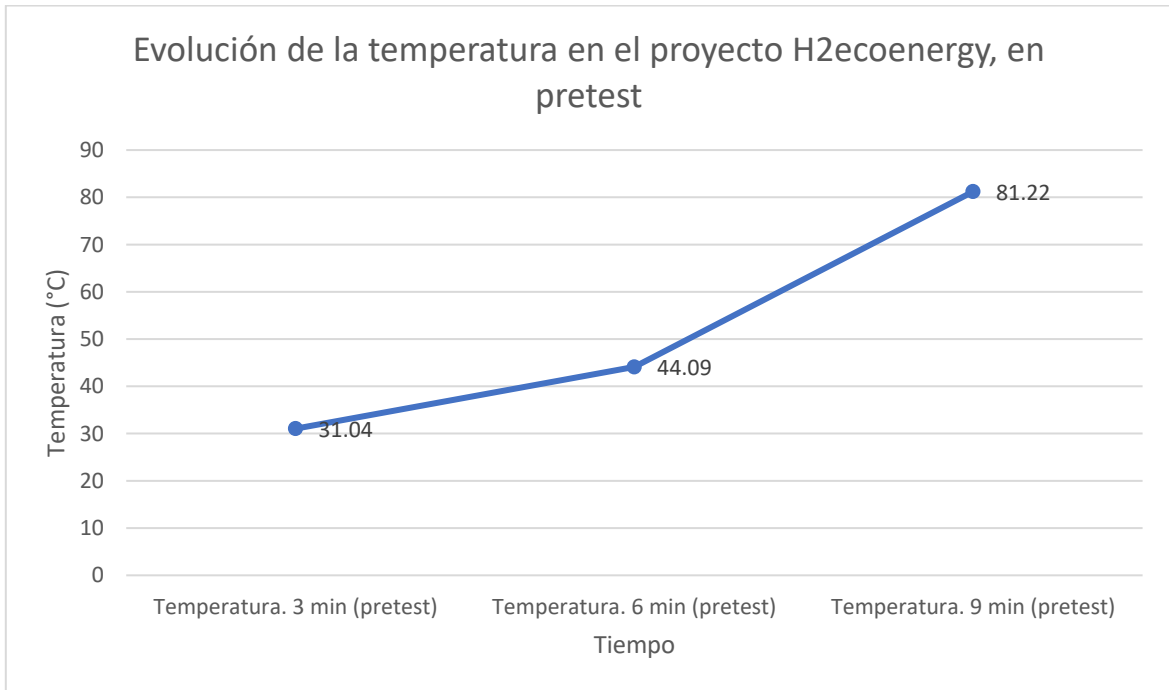
	Media	N
Temperatura. 9 min (pretest)	81,22 °C	5
Temperatura. 9 min (postest)	35,84 °C	5

Fuente: Procesamiento estadístico con SPSS.

Del análisis de la Tabla precedente, se puede apreciar que, la temperatura medida en el sistema del proyecto H2ecoenergy, trabajando con un tiempo de 9 minutos en los que el sistema alcanza su producción máxima, ha variado entre el pretest y el postest. Pues se distingue que, el promedio de las mediciones de la temperatura en pretest es de 81,22 °C y el promedio de las mediciones de la temperatura en postest fue de 35,84 °C.



Anexo 13: Proceso de evolución de la temperatura en pretest

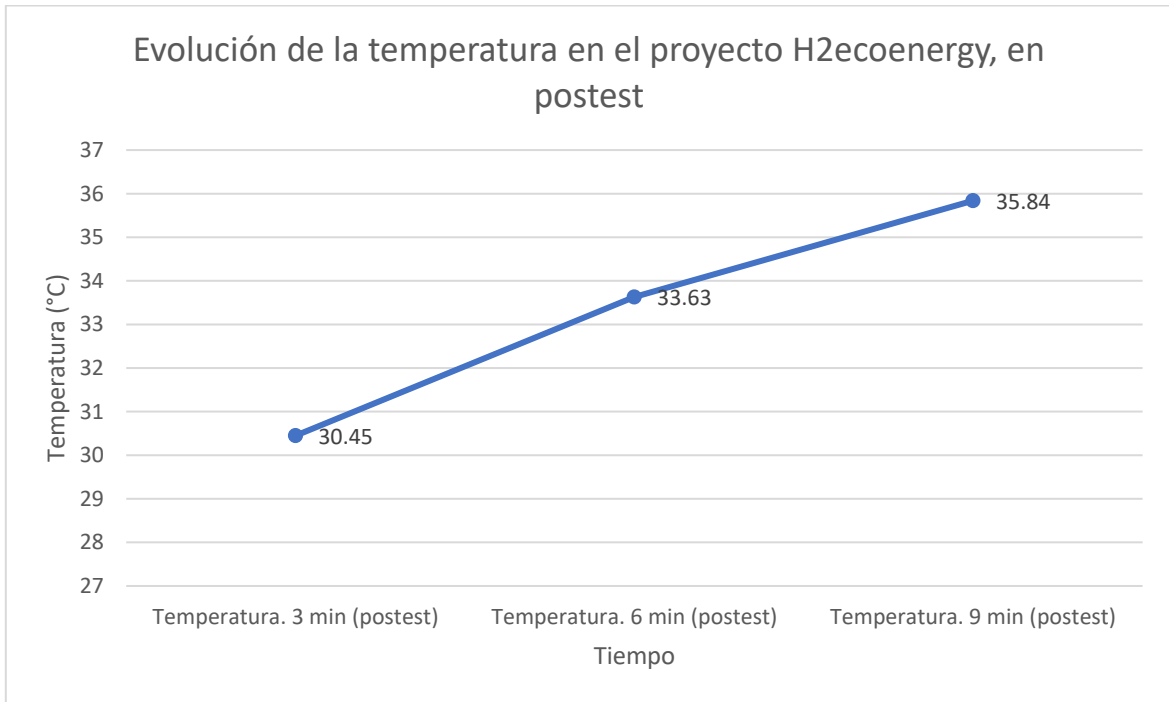


Fuente: Elaboración propia.

En la figura precedente se aprecia que, la medición de la temperatura en el pretest, considerando mediciones efectuadas a los 3, 6 y 9 minutos, obtuvo como medias: a los 3 minutos 31,04 °C; a los 6 minutos 44,09°C; y a los 9 minutos 81,22°C.



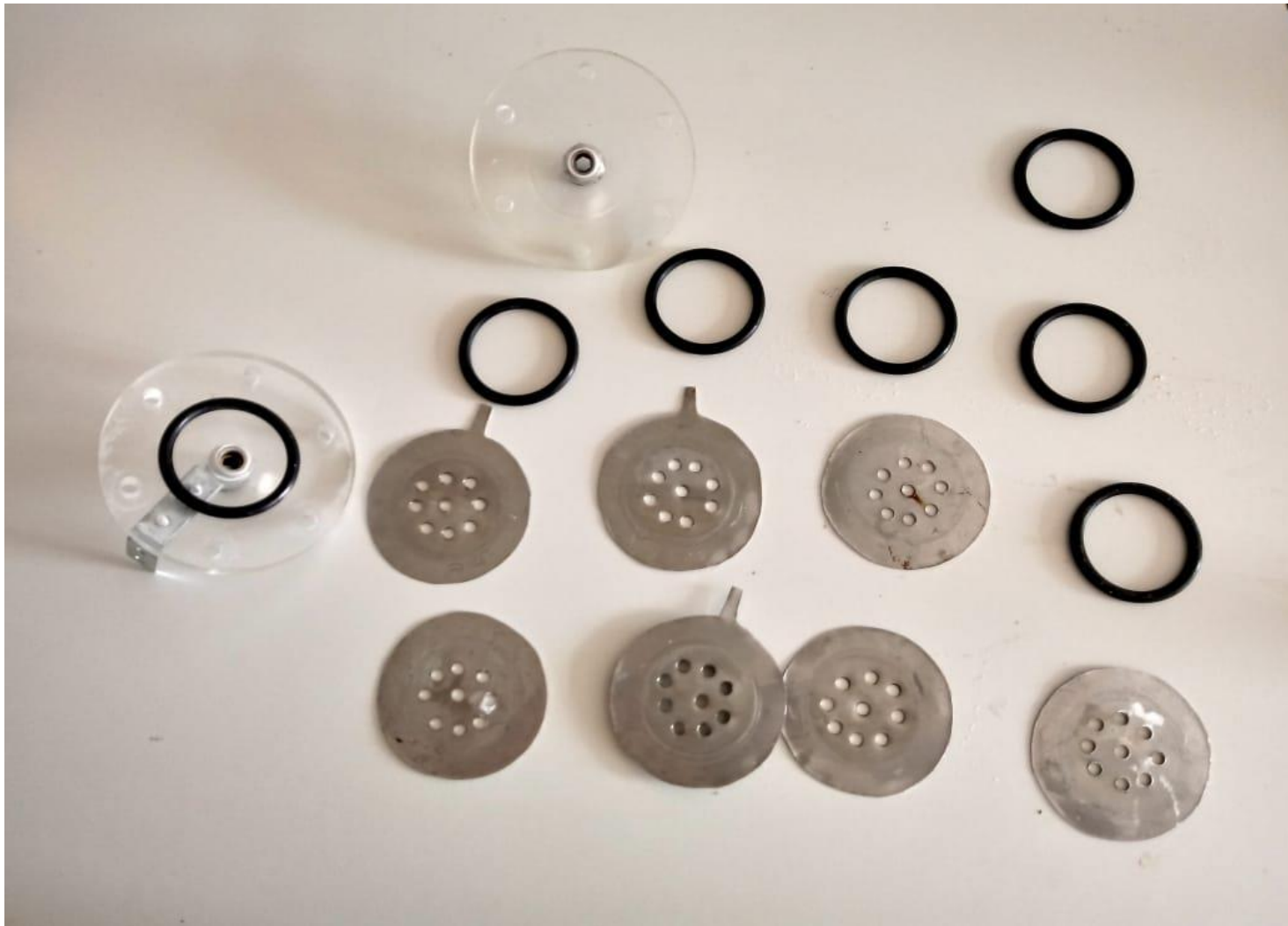
Anexo 14: Proceso de evolución de la temperatura en posttest



Fuente: Elaboración propia.

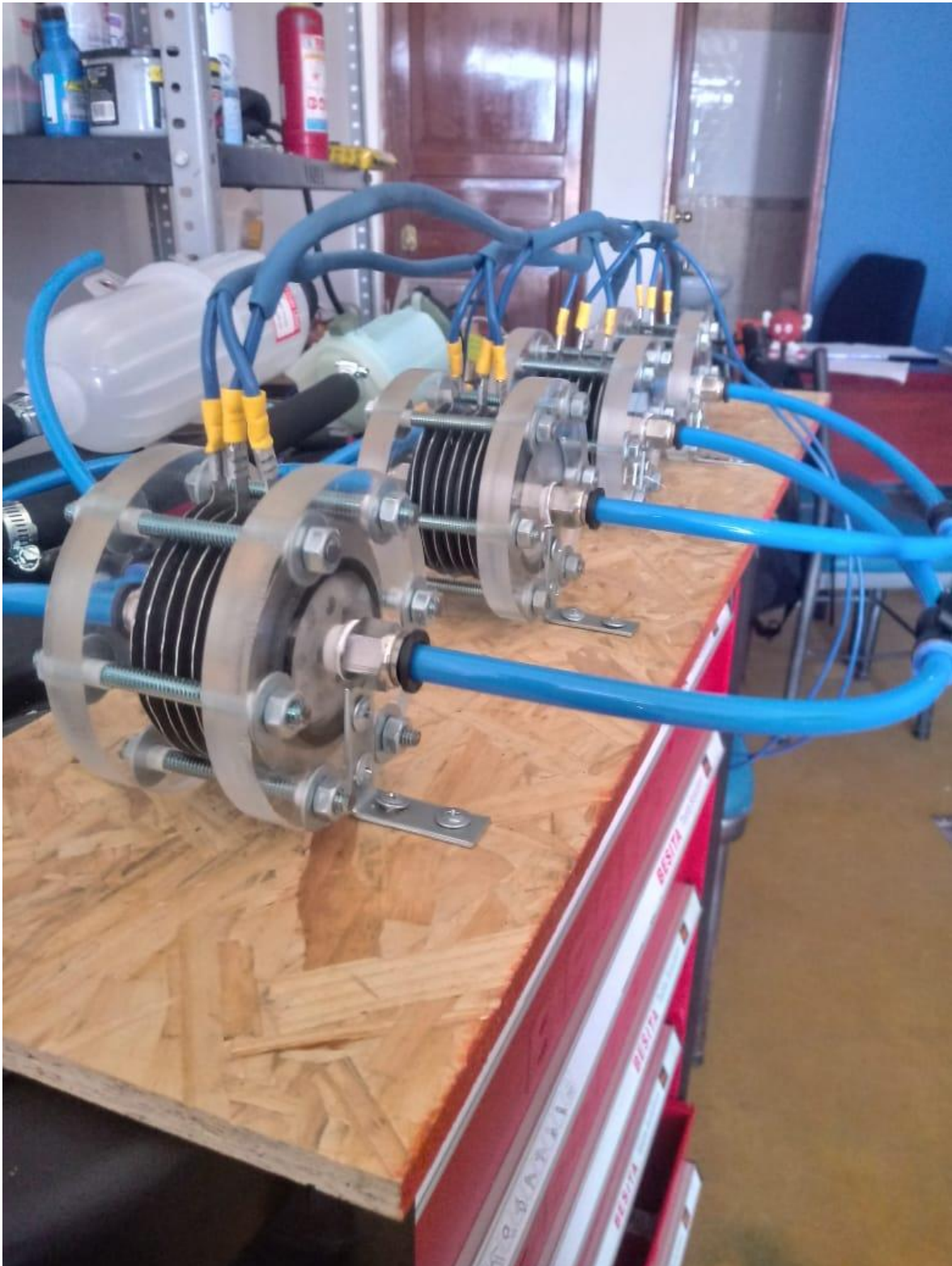
En la figura precedente se aprecia que, la medición de la temperatura en el posttest, considerando mediciones efectuadas a los 3, 6 y 9 minutos, obtuvo como medias: a los 3 minutos 30,45 °C; a los 6 minutos 33,63 °C; y a los 9 minutos 35,84 °C.

Anexo 15: Evidencia visual. Piezas disgregadas de las celdas

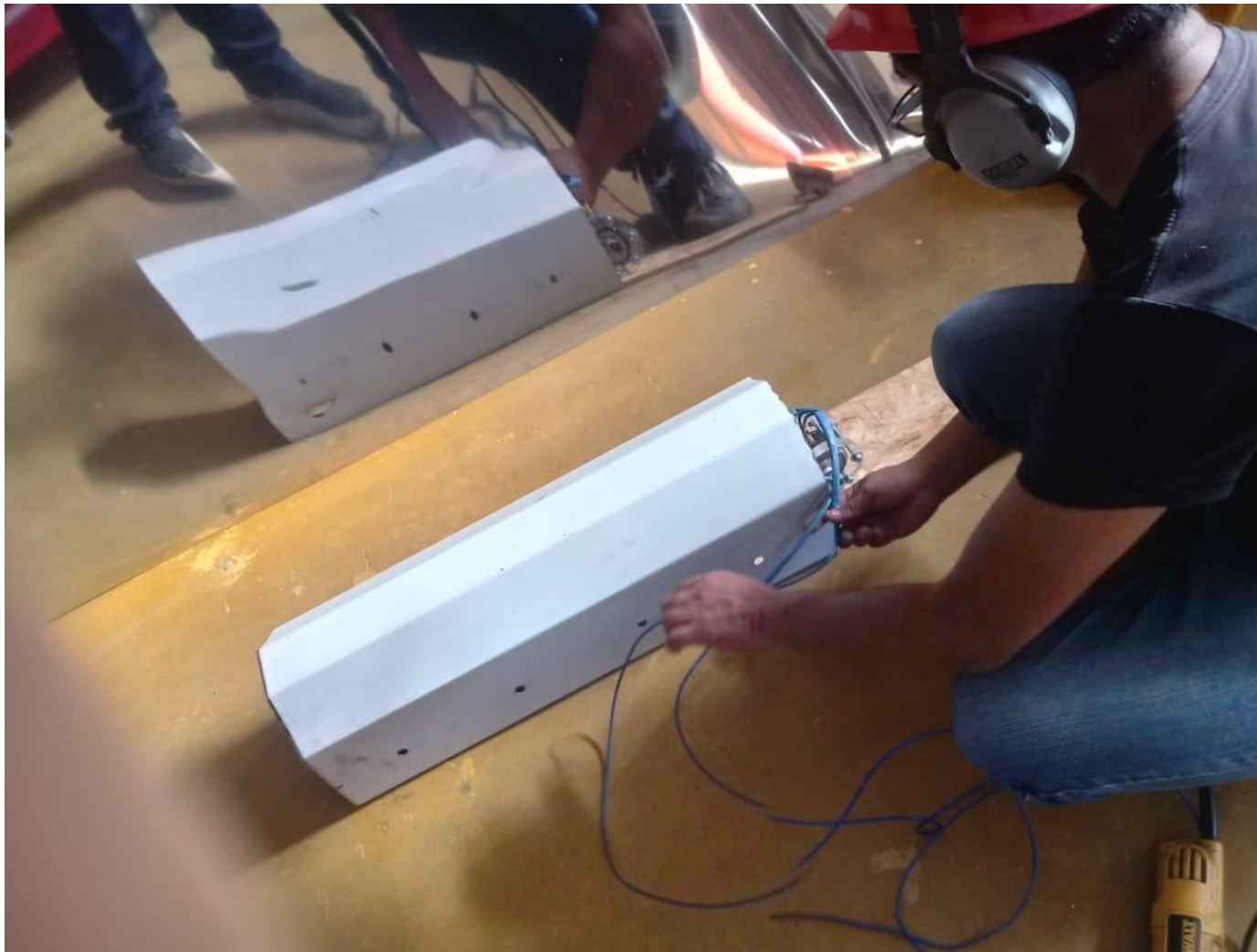




Anexo 16: Evidencia visual. Instalaciones eléctricas y tuberías de las celdas



Anexo 17: Evidencia visual. Instalación





Anexo 18: Evidencia visual. Ensamblaje de celda



Anexo 19: Evidencia visual. Corte de placas de acrílico



Anexo 19: Componentes

COMPONENTES PRINCIPALES			
Cantidad	Codigo del Componente	Componente	Detalle de componente
1	SHT1-001	Tanque de reserva de agua	El modelo enviado es de un reservorio de agua automitriz para caminos de mediana carga su modelo es CL-7206E, AUXILIARY TANK, MARCA CHIN LANG (revisar modelo de planos y 3D)
4	SHR1-001/002	Generadores de hidrogeno	Inicialmente se usan 4 generadores, para la producción de hidrogeno de forma continua, hasta ahora nos ha resultado eficaz para el arranque de motores en neutro, en un motor estático como un grupo electrógeno resulta ideal, pero en un motor de automóvil la distribución de gas debe depender de la demanda relacionada a las marchas del motor y las condiciones de terreno.
1	SHB1-003	Burbujeador de gas	Con respecto al burbujeador es componente ayuda a soportar la presión que se producirá al momento de generar el hidrogeno y actuara como un separador del gas y agua; puesto que este sale mezclado con el agua, para luego redirigirlo al tanque de gas,
1	SHG1-004	Tanque de reserva de gas	El tanque de gas es un componente auxiliar, añadido al sistema para poder medir la cantidad de producción de hidrogeno del sistema con los diferentes modelos de celda.
VALVULAS ANTIRRETORNO			

1	VATR	Valvula antirretorno; tanque de agua- reactores	
1	VARB	Valvula antirretorno; Reactores - Burbujeador	
1	VABG	Valvula antirretorno; Burbujeador - Reservoriode gas	
1	VAAE	Válvula antirretorno; Accionador - EAC	
MANGUERAS			
2	MTR1	Manguera de presion \varnothing int 13.5mm \varnothing ext 21mm	HUNTER PERU S.A.C; MARCA Hunter Hose, compresor AIR horse 1/2" W.P 300PSI - BP 900 PSI
2	MTR2	Manguera de presion \varnothing int 6.5mm \varnothing ext 10mm	HUNTER PERU S.A.C; MARCA Hunter Hose, Polyurethane tubing, uso externo del sistema
SENSORES			
1	SNT	Sensor de nivel del tanque de agua min: 1/2 L, max 1 1/2 L	
1	STR	Sensor de temperatura de las celdas de producción de hidrogeno	
1	SPT	Sensor de presion del tanque de reserva de gas	
1	SAV	Sensor de corriente voltaje en la conexión; bateria - reactores	

Anexo 20

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

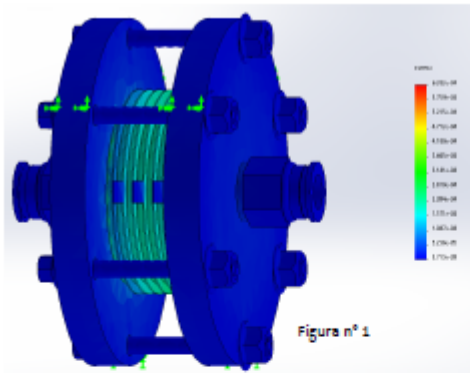


Figura n° 1

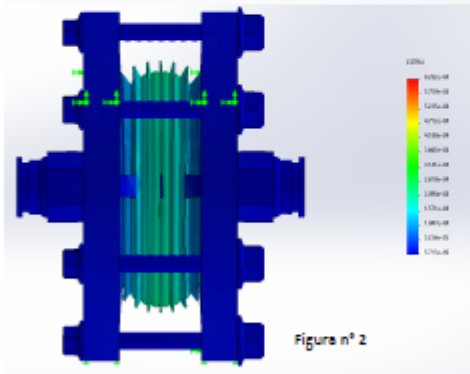


Figura n° 2

Descripción

Reactor generador de hidrogeno, análisis a una presión estática de 23Psi como máximo.

SIMULACION DE PRESION ESTATICA A REACTOR GENERADOR DE HIDROGENO.

Fecha: 13 de enero de 2023
 Diseñador: SolidWorks
 Nombre de estudio: análisis de presión estática
 Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Suposiciones	2
El reactor generador de hidrogeno:.....	2
Información de modelo	4
Propiedades de estudio	9
Unidades	9
Propiedades de material.....	10
Cargas y sujeciones	12
Definiciones de conector	12
Información de contacto.....	13
Información de malla.....	14
Detalles del sensor.....	14
Fuerzas resultantes	15
Vigas.....	15
Resultados del estudio.....	16
Conclusión:.....	18

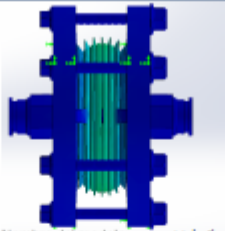
Suposiciones

El reactor generador de hidrogeno:

- 1) resistir a una presión máxima de 23Psi sin deformaciones.
- 2) La deformación máxima de no deberá excederse, con la finalidad de evitar fugas del hidrogeno fuera del sistema, sin embargo, esto se deberá corroborar con experimentación.

[OFFICIAL]









[OFFICIAL]









Información de modelo			
		Figura n° 3	
		Nombre del modelo: ensamble final Configuración actual: Predeterminado	
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir4	Sólido	Masa:0.00386819 kg Volumen:4.02937e-06 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.0379083 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\acopl es\acoplepieza1. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:0.000358519 kg Volumen:3.73457e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00351348 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\acopl es\acoplepieza2. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Cortar-Extruir4	Sólido	Masa:0.00386819 kg Volumen:4.02937e-06 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.0379083 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\acopl es\acoplepieza1. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:0.000358519 kg Volumen:3.73457e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00351348 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\acopl es\acoplepieza2. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023

Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Revolución2	Sólido	Masa:0.000940273 kg Volumen:9.79451e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00921467 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Orrin. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Cortar-Extruir8	Sólido	Masa:0.0678358 kg Volumen:7.06623e-05 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.664791 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Tapa. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
Cortar-Extruir8	Sólido	Masa:0.0678358 kg Volumen:7.06623e-05 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.664791 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\Tapa. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

	Sólido	Masa:0.00129482 kg Volumen:1.28628e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0121013 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\bolts and screws\hex head\hex flange screw_am.sldprt Jan 11 18:25:39 2023
	Sólido	Masa:0.00129482 kg Volumen:1.28628e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0121013 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\bolts and screws\hex head\hex flange screw_am.sldprt Jan 11 18:25:39 2023
	Sólido	Masa:0.00129482 kg Volumen:1.28628e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0121013 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\bolts and screws\hex head\hex flange screw_am.sldprt Jan 11 18:25:39 2023
	Sólido	Masa:0.00129482 kg Volumen:1.28628e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0121013 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\bolts and screws\hex head\hex flange screw_am.sldprt Jan 11 18:25:39 2023
	Sólido	Masa:0.00129482 kg Volumen:1.28628e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0121013 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\bolts and screws\hex head\hex flange screw_am.sldprt Jan 11 18:25:39 2023
	Sólido	Masa:0.00129482 kg Volumen:1.28628e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0121013 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\bolts and screws\hex head\hex flange screw_am.sldprt Jan 11 18:25:39 2023
	Sólido	Masa:0.0011879 kg Volumen:1.23739e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0116414 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo1. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
	Sólido	Masa:0.0011879 kg Volumen:1.23739e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0116414 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo1. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023

	Sólido	Masa:0.0011879 kg Volumen:1.23739e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0116414 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo1. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
	Sólido	Masa:0.0011879 kg Volumen:1.23739e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0116414 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo1. SLDPRT Jan 13 16:58:26 2023
	Sólido	Masa:0.00121925 kg Volumen:1.27006e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0119487 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo2. SLDPRT Jan 13 17:12:50 2023
	Sólido	Masa:0.00121925 kg Volumen:1.27006e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0119487 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo2. SLDPRT Jan 13 17:12:50 2023
	Sólido	Masa:0.00121925 kg Volumen:1.27006e-06 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.0119487 N	D:\VOLUMEN D\Nuevo vo\PROYECTO HIDROGENO\Reactores\planc hatipo2. SLDPRT Jan 13 17:12:51 2023
	Sólido	Masa:0.000532656 kg Volumen:5.54849e-07 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.00522003 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\nuts\hex nuts\prevailing torque hex flange nut_am.sldprt Jan 11 18:25:40 2023
	Sólido	Masa:0.000532656 kg Volumen:5.54849e-07 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.00522003 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\nuts\hex nuts\prevailing torque hex flange nut_am.sldprt Jan 11 18:25:40 2023
	Sólido	Masa:0.000532656 kg Volumen:5.54849e-07 m ³ Densidad:960 kg/m ³ Peso:0.00522003 N	c:\solidworks data\browse\ansi metric\nuts\hex nuts\prevailing torque hex flange nut_am.sldprt Jan 11 18:25:40 2023

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

 <p>EndChamfer</p>	Sólido	<p>Masa:0.000532656 kg Volumen:5.54849e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00522003 N</p>	<p>c:\solidworks\data/browse\ansi metric\nuts\hex nuts\prevailing torque hex flange nut_amsldprt Jan 11 18:25:40 2023</p>
 <p>EndChamfer</p>	Sólido	<p>Masa:0.000532656 kg Volumen:5.54849e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00522003 N</p>	<p>c:\solidworks\data/browse\ansi metric\nuts\hex nuts\prevailing torque hex flange nut_amsldprt Jan 11 18:25:40 2023</p>
 <p>EndChamfer</p>	Sólido	<p>Masa:0.000532656 kg Volumen:5.54849e-07 m³ Densidad:960 kg/m³ Peso:0.00522003 N</p>	<p>c:\solidworks\data/browse\ansi metric\nuts\hex nuts\prevailing torque hex flange nut_amsldprt Jan 11 18:25:40 2023</p>

Propiedades de estudio

Nombre de estudio	análisis de presión
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (D:\VOLUMEN D\Nuevo vol\PROYECTO HIDROGENO\Reactores)

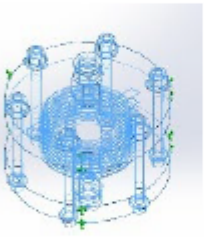
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

Propiedades de material


Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
 <p>Figura n° 4</p>	<p>Nombre: Natural Rubber Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error: Desconocido predefinido: Límite de tracción: 2e+07 N/m² Módulo elástico: 10.000 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.45 Densidad: 960 kg/m³</p>	<p>SolidBody 1(Cortar-Extruir4)(Ensamblajeacople-2/acoplepieza1-1), SolidBody 1(Cortar-Extruir1)(Ensamblajeacople-2/acoplepieza2-3), SolidBody 1(Cortar-Extruir4)(Ensamblajeacople-3/acoplepieza1-1), SolidBody 1(Cortar-Extruir1)(Ensamblajeacople-3/acoplepieza2-3), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-1), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-10), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-2), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-3), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-4), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-5), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-6), SolidBody 1(Revolución2)(Omin-9), SolidBody 1(Cortar-Extruir8)(Tapa-1), SolidBody 1(Cortar-Extruir8)(Tapa-2), SolidBody 1(FlangeHexFilet)(hex flange screw _am-11), SolidBody 1(FlangeHexFilet)(hex flange screw _am-12), SolidBody 1(FlangeHexFilet)(hex flange screw _am-13), SolidBody 1(FlangeHexFilet)(hex flange screw _am-14),</p>


		<p>SolidBody 1(FlangeHexFilet)(hex flange screw _am-17), SolidBody 1(FlangeHexFilet)(hex flange screw _am-6), SolidBody 1(Cortar-Extruir1)(planchatipo1-1), SolidBody 1(Cortar-Extruir1)(planchatipo2-2), SolidBody 1(Cortar-Extruir1)(planchatipo1-3), SolidBody 1(Cortar-Extruir1)(planchatipo1-4), SolidBody 1(Saliente-Extruir13)(planchatipo2-1), SolidBody 1(Saliente-Extruir13)(planchatipo2-2), SolidBody 1(Saliente-Extruir13)(planchatipo2-3), SolidBody 1(EndChamfer)(prevailing torque hex flange nut _am-1), SolidBody 1(EndChamfer)(prevailing torque hex flange nut _am-10), SolidBody 1(EndChamfer)(prevailing torque hex flange nut _am-11), SolidBody 1(EndChamfer)(prevailing torque hex flange nut _am-12), SolidBody 1(EndChamfer)(prevailing torque hex flange nut _am-8), SolidBody 1(EndChamfer)(prevailing torque hex flange nut _am-9)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fixed-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-8.08902e-07	3.2151e-07	-1.16438e-06	1.45378e-06	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga			
Pressure-1		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 25 Unidades: PSI Ángulo de fase: 0 Unidades: deg			

Definiciones de conector

- Los conectores entre elementos son rígidos, para asegurar el contacto entre los elementos: orrines, planchas inox, pernos, tuercas y discos de policarbonato.
- Para simular mejor forma como el prototipo real.

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto	
Global Contact		Tipo:	Unión rígida
		Componentes:	1 componente(s)
		Opciones:	Mallado continuo

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	4 Puntos
Tamaño de elementos	6.35129 mm
Tolerancia	0.317565 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Mallar de nuevo las piezas fallidas de forma independiente	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	41596
Número total de elementos	22598
Cociente máximo de aspecto	38.519
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	49.8
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	13.3
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:10:16
Nombre de computadora:	

Detalles del sensor

SE ESTA DANDO COMO DATO DE PRESION MAXIMA 25PSI

Ya que se realizaron simulaciones con presiones de 25.Psi y se tiene una respuesta que el desplazamiento es mayor y no se puede dar resultados a la simulación.

Fuerzas resultantes
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-8.08902e-07	3.2151e-07	-1.16438e-06	1.45378e-06

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	4.35676e-07	3.22846e-06	7.74071e-07	3.34843e-06

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

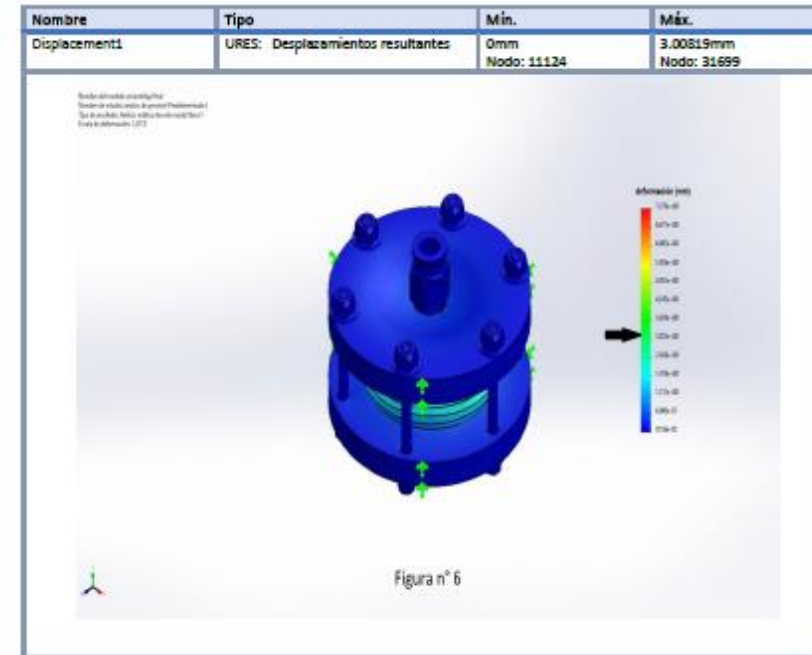
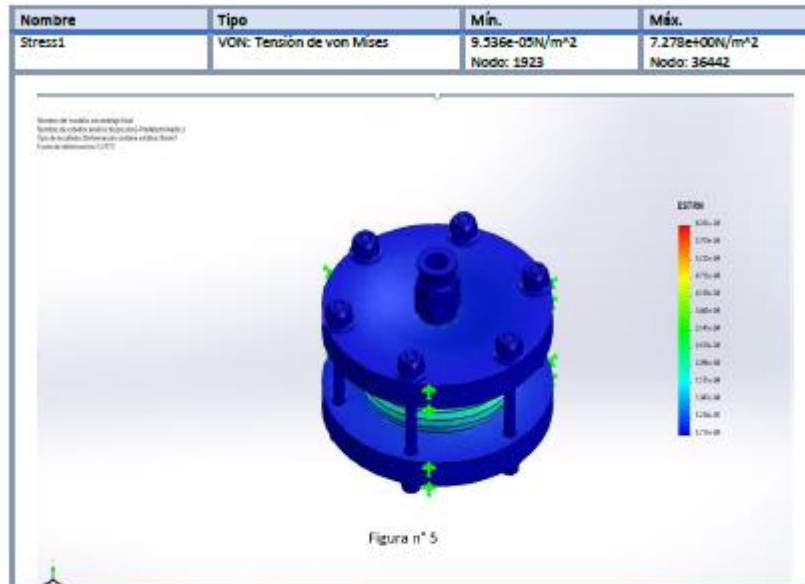
Vigas

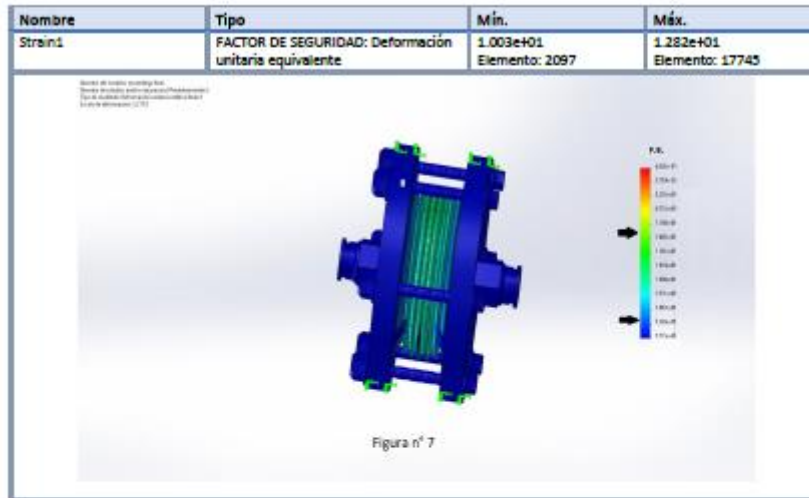
NO APLICAN VIGAS.

[OFFICIAL]

[OFFICIAL]

Resultados del estudio





Conclusión:

- 1) El reactor de hidrogeno si logra soportar una presión de 25PSI como máximo sin sufrir deformaciones. Podemos ver en el cuadro de la imagen 7, el factor de seguridad (F.S.)_{MÍN} es 1.003. esto quiere decir que el reactor soporta la carga. Está al límite de su capacidad.
- 2) De deformación máxima es 3.008mm, los orrines no soportan mayor deformación que esta, ya que un poco mas ya permiten la fuga del HHO. Se realizó simulaciones con 25.2PSI, el programa emite un comunicado, "que la deformación de los componentes es mayor y rompe las uniones rígidas".
- 3) La conclusión. El reactor como máximo resiste 25PSI de presión, a mayor presión esta ya presentaría deformaciones y fugas del contenido interior y esto no debería suceder, sin embargo es algo que se debe experimentar en campo para determinar su comportamiento físico.

Anexo 21

FICHA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO			
Modelo:	SHR1-002 - A		
Detalle			
N° de medición	Fecha	Indicadores	
		Presión de hidrógeno	Temperatura
		PSI	°C
1	6/26/2022 - 3 min	0.20	30.52
	6/26/2022 - 6 min	3.10	43.54
	6/26/2022 - 9 min	8.20	80.24
2	6/28/2022 - 3 min	0.40	31.42
	6/28/2022 - 6 min	2.70	44.22
	6/28/2022 - 9 min	7.85	82.12
3	6/30/2022 - 3 min	0.15	29.85
	6/30/2022 - 6 min	3.25	43.12
	6/30/2022 - 9 min	7.95	79.85
4	7/2/2022 - 3 min	0.15	31.24
	7/2/2022 - 6 min	2.95	44.15
	7/2/2022 - 9 min	7.80	81.24
5	7/4/2022 - 3 min	0.30	32.15
	7/4/2022 - 6 min	3.40	45.43
	7/4/2022 - 9 min	8.15	82.65
6	12/01/2023 - 3 min	0.35	29.85
	12/01/2023 - 6 min	2.50	38.56
	12/01/2023 - 9 min	6.80	72.45
	12/01/2023 - 12 min	8.50	78.6
	12/01/2023 - 15 min	10.45	80.45
	12/01/2023 - 18 min	12.00	85.26
	12/01/2023 - 21 min	18.00	89.86
	12/01/2023 - 24 min	24.65	92.25
	12/01/2023 - 27 min		-
	12/01/2023 - 30 min		-
	12/01/2023 - 32 min		-

FICHA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO			
Modelo:	SHR1-002 - B		
Detalle	Las pruebas se llevaron en un ambiente controlado manteniendo una temperatura ambiental de 25°C		
N° de medición	Fecha	Indicadores	
		Presión de hidrógeno	Temperatura
		PSI	°C
1	7/5/2022 - 3 min	0.50	30.45
	7/5/2022 - 6 min	14.50	33.75
	7/5/2022 - 9 min	26.00	35.65
2	7/7/2022 - 3 min	0.35	29.8
	7/7/2022 - 6 min	15.25	34.05
	7/7/2022 - 9 min	28.00	36.21
3	7/9/2022 - 3 min	0.60	31.55
	7/9/2022 - 6 min	15.54	33.65
	7/9/2022 - 9 min	27.45	36.45
4	7/10/2022 - 3 min	0.40	30.5
	7/10/2022 - 6 min	14.95	33.75
	7/10/2022 - 9 min	27.50	35.84
5	7/12/2022 - 3 min	0.25	29.95
	7/12/2022 - 6 min	13.90	32.95
	7/12/2022 - 9 min	25.40	35.05
6	12/01/2023 - 3 min	0.42	30.04
	12/01/2023 - 6 min	14.89	32.95
	12/01/2023 - 9 min	23.00	37.25
	12/01/2023 - 12 min	27.56	38.85
	12/01/2023 - 15 min	33.87	40.25
	12/01/2023 - 18 min	41.25	40.55
	12/01/2023 - 21 min	44.85	41



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, NELLY ROXANA SOVERO LAZO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "MEJORA DE CELDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO EN EL SISTEMA DEL PROYECTO H2ECOENERGY FINANCIADO POR EL MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN EN LA CIUDAD DE MOQUEGUA", cuyos autores son CLAVERIAS ATAJO HELBERTH AGUSTO, BUSTAMANTE VILLANUEVA FRED ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 02 de Setiembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
NELLY ROXANA SOVERO LAZO DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 23- 02-2023 03:00:03

Código documento Trilce: TRI - 0426127