

FACTIBILIDAD DE UNA EMPRESA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTAS ELÉCTRICAS A BASE DE HIDRÓGENO VERDE

FEASIBILITY OF A COMPANY FOR THE MANUFACTURE OF GREEN HYDROGEN-BASED ELECTRIC PLANTS

German Daniel Aponte Montiel¹

 <https://orcid.org/0009-0008-2280-2713>

Recibido: 20-04-2026

Aceptado: 18-05-2026

Resumen

La presente investigación es un estudio de factibilidad para crear una empresa encargada de la elaboración de plantas eléctricas a base de hidrógeno verde en Barquisimeto, estado Lara, bajo el paradigma positivista, enfoque cuantitativo, modalidad proyecto especial, soportado en una investigación de campo, descriptivo, no experimental, de tipo transversal. Se estructura en tres etapas, correspondientes al estudio de mercado, técnico y económico – financiero. Con una muestra de 4 compañías encargadas de la distribución y venta de plantas eléctricas se aplica un instrumento, validado mediante el juicio de expertos y confiabilidad por Alfa de Cronbach. El diagnóstico de la situación actual arroja un desconocimiento sobre el uso del hidrógeno verde como combustible, sin embargo, existe la aceptación en el mercado, es decir la posibilidad de inserción de la planta eléctrica propuesta. En el estudio de mercado, se determina la demanda, la descripción del producto, así como el canal de comercialización y la promoción. Seguidamente, en el estudio técnico se establecen los requerimientos del producto y de la empresa, arrojando resultados no rentables y no factibles, por lo que se recomienda establecer cambios operativos a fin de determinar la viabilidad de este basado en la factibilidad social, bajo sistema de impacto ambiental.

Palabras clave: Sostenibilidad; Hidrógeno; Innovación; Energía.

Abstract

The present research is a feasibility study to create a company responsible for the production of electrical plants based on green hydrogen in Barquisimeto, Lara state, under the positivist paradigm, quantitative approach, special project modality, supported by field research, descriptive, non-experimental, and cross-sectional in nature. It is structured in three stages, corresponding to the market, technical, and economic–financial study. With a sample of 4 companies responsible for the distribution and sale of electrical plants, an instrument is applied, validated through expert judgment and reliability by Cronbach's Alpha. The diagnosis of the current situation reveals a lack of knowledge about the use of green hydrogen as fuel; however, there is market acceptance, that is, the possibility of inserting the proposed. In the market study, the demand, the product description, as well as the marketing and promotion channels are determined. Subsequently, in the technical study, the requirements of the product and the company are established, yielding unprofitable and unfeasible results, so it is recommended to implement operational changes in order to determine its viability based on social feasibility, under the environmental impact system.electrical.plant.

Keywords: Sustainability; Hydrogen; Innovation; Energy.

¹ Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: germandaniel27@gmail.com

Introducción

En los últimos ciento cincuenta años, el proceso de industrialización ha cambiado el mundo de una forma tan significativa, el propio adjetivo se queda corto para describir la cantidad y magnitud de los cambios que la humanidad ha visto a raíz de la revolución industrial, por ello han supuesto un número casi incalculable de beneficios en materia de transporte, energía, alimentación, ciencia, entre muchos otros, con el denominador común ha sido la mejora en la calidad de vida de las personas. Ahora bien, la revolución industrial también se ha considerado como la piedra angular de la industria y economía globales, siendo el uso de los combustibles fósiles.

Dichos combustibles (entiéndase carbón, petróleo, gas natural, entre otros hidrocarburos) han sido la pieza clave en progreso de los países, debido a que la máquina de vapor, considerada la precursora de la revolución industrial, utilizaba carbón para poder funcionar. Este status quo se mantuvo hasta la segunda mitad del siglo XX donde el petróleo desplazó al carbón como principal fuente de energía, en conjunto al gas natural hasta el día de hoy, donde los mismos siguen siendo la columna vertebral del tejido industrial global.

No obstante, esto a su vez ha traído una serie de desafíos, principalmente el cambio climático y otros riesgos relacionados como el aumento del nivel del mar por el derretimiento de los glaciares y casquetes polares, el aumento de las temperaturas y acidificación del océano, los fenómenos meteorológicos extremos, entre otros. Esto se debe a que la quema de combustibles fósiles produce un aumento de los conocidos como gases de efecto invernadero, que atrapan el calor que emite la Tierra por radiación y lo reflejan de vuelta al planeta, si bien este es un proceso natural, el aumento de las emisiones ha provocado un desbalance en el equilibrio natural del calor que irradia la misma hacia el espacio exterior.

En este orden de ideas, las emisiones de gases de efecto invernadero también han provocado un aumento de enfermedades respiratorias y muertes prematuras debido a la inhalación de dichos gases, sobre todo en países como India, China o Pakistán donde hay ciudades que están completamente cubiertas por el smog de los vehículos y la actividad industrial, que afecta no solo a los humanos, sino que también afecta a los ecosistemas adyacentes.

Debido a esto, surge la necesidad de mitigar estas emisiones buscando alternativas más sostenibles, y es ahí donde entra en juego alternativas como el hidrógeno, un gas que puede usarse como combustible de la misma forma que el gas natural, con la diferencia que el hidrógeno en la oxidación por combustión, produce únicamente vapor de agua, por lo que es un gas que directamente no contamina. Entre las opciones que más relevancia han cobrado en los últimos años se encuentra el hidrógeno verde,

producido a partir de la electrólisis del agua con electricidad producida de fuentes renovables como la energía solar, eólica o hidroeléctrica. En consecuencia, el propósito fundamental del presente trabajo es analizar qué tan factible es la creación de una empresa en Barquisimeto especializada en la elaboración de plantas eléctricas que usen hidrógeno verde como combustible, partiendo de un estudio de mercado, técnico-operativo y económico-financiero, con sus respectivas conclusiones y veredicto sobre su viabilidad.

Crisis Energética en Venezuela y Cambio Climático

En los últimos años, ha habido consenso en gran parte de la población mundial sobre el cambio climático como uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la humanidad, pero a su vez ha desencadenado innumerables interrogantes sobre cómo abordarlo, o si las medidas tomadas en años recientes realmente han sido las más adecuadas. Entre esas medidas se encuentra la adopción de la energía hidroeléctrica, una opción que a priori puede parecer excelente pues en teoría no produce contaminación al no generar dióxido de carbono, pero también tiene su propia serie de problemas y limitaciones.

En este sentido, la disminución del caudal de los ríos por la construcción de centrales hidroeléctricas puede provocar consecuencias humanitarias graves, pero también por contradictorio que suene, esta fuente de energía también puede ocasionar daños devastadores en los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres al alterar los ciclos hidrológicos naturales, modificar el patrón de flujo y caudal de los ríos, contribuir con la pérdida de hábitat, la acumulación de materia orgánica dentro de los reservorios generando metano (otro gas de efecto invernadero) al descomponerse. Por último, pero no menos importante, los sedimentos que arrastran los ríos con el tiempo se acumulan en el fondo de los embalses, ocasionando que la represa vaya perdiendo capacidad de generación y eficiencia.

De igual modo, Venezuela tampoco se encuentra exenta de los problemas antes mencionados, país que depende de la Central Hidroeléctrica del Guri para aproximadamente el 80% de la electricidad que consume, y ha habido ocasiones donde fuertes sequías han provocado una disminución del embalse a niveles críticos, sin mencionar que el deterioro de la represa y del sistema eléctrico en general. Dentro del marco de la crisis que atraviesa el país, han resultado en constantes interrupciones del servicio, fallas que se remontan desde el año 2009, hasta el punto de que un colapso total del sistema eléctrico nacional, que dejó a más de la mitad de Venezuela sin energía por varios días en marzo del 2019.

En particular, la ciudad de Barquisimeto, capital del Estado Lara no escapa a esta situación, con interrupciones en el servicio eléctrico casi a diario y con una duración promedio de unas cuatro horas. Las fallas constantes en el suministro de energía han empujado a muchos a tratar de solventar la situación

con plantas eléctricas alimentadas con diésel y gas natural para poder mantener funcionando los equipos más necesarios de sus hogares y sobre todo de sus negocios. Debido a esto, la adopción a gran escala de generadores a diésel y gas natural por parte de varios negocios y hogares en la ciudad de Barquisimeto ha representado un aumento en el uso de estos combustibles.

No obstante, esto a su vez supone un problema, y es que los subproductos de la combustión de diésel han sido señalados como unos de los principales contaminantes de la atmósfera debido a su uso masivo en sectores como la automoción, transporte y energía. Según estudios realizados a nivel mundial se estima que se emiten a la atmósfera cada año grandes toneladas de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero, con áreas donde la contaminación del aire alcanza una alta concentración, muy por encima del límite considerado seguro por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

De ahí, se evidencia la necesidad de abordar el problema que representa la disminución en la calidad del aire producto de la situación antes mencionada. Teóricamente la solución ideal podría ser la adopción de otro tipo de energías renovables como la eólica y la solar, pero su implementación a gran escala supone otra serie de problemas y limitaciones, especialmente en materia de infraestructura e intermitencia, pues una falla del servicio eléctrico podría ocurrir durante períodos donde no haya producción cuando las condiciones meteorológicas no sean favorables, sin mencionar que la existencia de celdas fotovoltaicas en Venezuela es muy reducida y la de turbinas eólicas es prácticamente inexistente.

Por este motivo, a pesar de la apuesta y los grandes esfuerzos por las energías renovables, lo cierto es que la transición energética y la descarbonización han sido mucho más lentas y difíciles en diversos sectores de lo esperado en las proyecciones y objetivos climáticos. Por consiguiente, la búsqueda de alternativas se ha centrado en el uso del hidrógeno, como una potencial opción para paliar el problema de las energías renovables, debido a que la combustión del hidrógeno no produce dióxido de carbono, sino que su principal subproducto es vapor de agua, es decir, directamente no contamina, además de que existe un amplio espectro de métodos para producir hidrógeno.

Ahora bien, a los métodos de producción del hidrógeno se les asigna un color distinto, y es aquí cuando entra en escena el conocido como “hidrógeno verde”, y se le otorga este color al ser producido por medio de un proceso llamado electrólisis, usando la electricidad obtenida de fuentes solares, eólicas e hidroeléctricas para romper la molécula del agua por medio de la corriente separando el hidrógeno del oxígeno. Considerando que pueda ser la forma más efectiva de almacenar energía y ser utilizado en generadores diésel o de gas natural en los períodos de intermitencia de las renovables, así como durante una falla del sistema eléctrico.

Bajo este contexto, recientemente se han realizado con éxito experimentos donde se adaptan turbinas de gas natural y motores diésel para funcionar con hidrógeno puro o con un sistema dual de diésel/hidrógeno o gas natural/hidrógeno, el cual se estima reduce en más de un 80% las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y aumenta la eficiencia del generador dada la densidad energética del hidrógeno, siendo de aproximadamente 120 MJ/kg comparada con el diésel o el gas natural que son de 45.5 MJ/kg y 55.5 MJ/kg respectivamente, lo cual a su vez reduce el consumo de combustible contribuyendo aún más a mitigar las emisiones de gases nocivos.

De igual manera, el sistema de elaboración será una modificación en el sistema de inyección del motor diésel que alimenta la planta, en el que se le añade un segundo inyector para la adición del hidrógeno a la mezcla de aire y de diésel, en una proporción de 90% hidrógeno y 10% gasoil. Adicionalmente, se realizan algunas modificaciones en la unidad electrónica de control (ECU) para el accionamiento del segundo inyector y mantener la proporción ideal de la mezcla de aire, gasoil e hidrógeno.

Materiales y Métodos

Población y Muestra

La muestra a la que se aplicó el cuestionario está conformada por cuatro comercializadoras de plantas eléctricas. Las primeras dos fueron RKN Supply y COPIKON, las otras dos son las reconocidas cadenas de ferreterías EPA y Mango Center. Si bien la muestra a priori puede parecer pequeña, es una muestra bastante representativa debido a que solo RKN Supply domina el mercado de plantas eléctricas en Barquisimeto con una cuota de aproximadamente el 70%.

Técnica de Recolección de Información

La técnica de recolección de información seleccionada fue la encuesta, para ello se elaboró un cuestionario de 13 preguntas dirigido a las principales comercializadoras de plantas eléctricas en Barquisimeto.

Técnica de Análisis de Datos

En este caso se empleó la estadística descriptiva, con la finalidad de elaborar tablas y gráficos de torta que permitan conocer la frecuencia y el porcentaje, empleando para ello el programa Microsoft Excel.

Descripción del Producto

Las plantas eléctricas a base de hidrógeno no distan mucho de las plantas eléctricas convencionales, la diferencia radica en que estos generadores cuentan con un sistema dual diésel-hidrógeno, este consiste en una modificación en la cual se le adapta al motor diésel un segundo inyector. Adicionalmente, se realiza una reprogramación de la Unidad Electrónica de Control (ECU) para que ambos inyectores se accionen de manera simultánea, para inyectar en el cilindro una mezcla de 90% hidrógeno y 10% gasoil reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en más de un 80%.

Características del Producto

El producto que se busca comercializar tiene como base el modelo Saonon S150H6C. Este modelo de generador eléctrico está equipado con un motor Cummins 6BTA5.9-G2 de seis cilindros turbodiésel, con unos 177 HP a 1800 RPM. Las especificaciones generales base del generador son las siguientes:

- Potencia nominal: 135 kVA (potencia continua), 150 kVA (potencia en espera)
- Voltaje: 220V, trifásico
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad: 1800 RPM
- Motor: Cummins 6BTA5.9-G2
- Alternador: Stamford UCI274D
- Peso: 1337 kg (Abierto) / 1350 kg (Con caja insonorizada)
- Dimensiones: 2200 × 830 × 1325 mm (Abierto) / 2250 × 1000 × 1650 mm (Con caja insonorizada)
- Certificaciones: CE, ISO9001, ISO14001, OHSAS18001
- Garantía: 1 año o 1000 horas de funcionamiento

Este modelo es ideal para aplicaciones industriales, comerciales o como respaldo en instalaciones críticas.

Diseño del Logo

Figura 1

Logo de la Empresa



Nota. Elaboración Propia (2025).

Análisis de la Demanda

El análisis de la demanda se determinó con base en los resultados obtenidos en la investigación de campo, en este caso por medio de la encuesta realizada a las comercializadoras en la ciudad de Barquisimeto que lideran las ventas de plantas eléctricas, por lo que al tener una cuota de mercado bastante importante son una muestra bastante representativa del sector. Una vez aplicada la encuesta, usando los datos obtenidos se procede con el cálculo de la demanda existente. En este caso, la demanda se determinó con base a los datos de la Tabla 1 y la Tabla 2, en la que se observa el rango de ventas mensual y cada cuanto tiempo se realiza la reposición de inventario. Como el 100% de las comercializadoras repone stocks de manera mensual, la demanda proyectada se calculó llevando el rango de ventas trimestral a mensual. Para ello se parte de la siguiente fórmula:

$$\text{Ventas mensuales} = (\text{Ventas trimestrales}) / 3$$

A continuación, se muestran lo referente al análisis de la demanda.

RKN Supply:

(Dado que RKN Supply vende más de 15 generadores trimestralmente se asume un rango de ventas de 16 a 20 generadores en ese lapso).

Se obtiene que el rango de ventas mensual de RKN Supply oscila entre las 5 y 7 unidades.

$$\text{Ventas mensuales} = 16/3 = 5,33 \approx 5$$

$$\text{Ventas mensuales} = 20/3 = 6,67 \approx 7$$

COPIKON:

$$\text{Ventas mensuales} = 5/3 = 1,67 \approx 2$$

$$\text{Ventas mensuales} = 9/3 = 3$$

Se obtiene que el rango de ventas mensual de COPIKON oscila entre las 2 y 3 unidades.

EPA:

$$\text{Ventas mensuales} = 10/3 = 3,33 \approx 3$$

$$\text{Ventas mensuales} = 14/3 = 4,67 \approx 5$$

Se obtiene que el rango de ventas mensual de EPA oscila entre las 3 y 5 unidades.

Mangocenter:

$$\text{Ventas mensuales} = 10/3 = 3,33 \approx 3$$

$$\text{Ventas mensuales} = 14/3 = 4,67 \approx 5$$

Se obtiene que el rango de ventas mensual de Mangocenter oscila entre las 3 y 5 unidades.

Tabla 1

Rango de ventas mensual

Comercializadora	Ventas trimestrales	Rango mensual estimado
COPIKON	5 – 9	1,67 – 3,00
RKN	16 – 20	5,33 – 6,67
EPA	10 – 14	3,33 – 4,67
Mangocenter	10 – 14	3,33 – 4,67

Nota. Elaboración Propia (2025).

Demanda mensual mínima: $1.67 + 5.33 + 3.33 + 3.33 = 13.66$ generadores/mes

Demanda mensual máxima: $3.00 + 6.67 + 4.67 + 4.67 = 19.01$ generadores/mes

Promedio mensual estimado: $(13.66 + 19.01) / 2 = 16,34$ generadores/mes

Tabla 2*Proyección Anual*

Métrica	Cálculo	Resultado aproximado
Demanda mínima anual	13.66×12	164 generadores
Demanda máxima anual	19.01×12	228 generadores
Demanda promedio anual	16.34×12	196 generadores

Nota. Elaboración Propia (2025).**Tabla 3***Proyección Anual (2025-2029)*

Año	Cálculo aplicado	Demanda proyectada (generadores/año)
2025	$(196 \times (1+0.05)^0)$	196
2026	$(196 \times (1+0.05)^1)$	206
2027	$(196 \times (1+0.05)^2)$	216
2028	$(196 \times (1+0.05)^3)$	227
2029	$(196 \times (1+0.05)^4)$	238

Nota. Los valores han sido redondeados al número entero más cercano para facilitar su interpretación.

Elaboración Propia (2025).

Partiendo de los datos obtenidos de la encuesta aplicada a las principales comercializadoras en la ciudad de Barquisimeto, se evidencia en la Tabla 3 que para el año 2025 hay una demanda proyectada de un promedio de unos 196 generadores. Considerando una tasa de crecimiento constante del 5% anual, se prevé que dicha demanda alcanzará aproximadamente 238 unidades para el año 2029 como se puede observar en la tabla 20, reflejando así una tendencia de crecimiento en el mercado de plantas eléctricas en la ciudad de Barquisimeto.

Esto se debe principalmente a la coyuntura de la inestabilidad del sistema eléctrico nacional que ha resultado en cortes de electricidad frecuentes y prolongados, afectando la operatividad de comercios e industrias a pesar de que en los últimos cuatro años la actividad económica de la ciudad de Barquisimeto ha crecido, y de mantenerse la tendencia también lo hará el consumo energético, lo cual a su vez representará un incremento en la necesidad de adquirir plantas eléctricas, impulsando con ello la demanda.

Precio

Al momento de fijar el precio de una planta eléctrica que funciona con hidrógeno verde se deben tomar en cuenta los costos iniciales del generador base, los costos de los insumos, instrumentos, actuadores, entre otros componentes que integran el sistema dual diésel-hidrógeno. Adicionalmente, el costo y tiempo de la modificación del generador para la adaptación de las piezas que integrarán el sistema dual, la programación de la ECU, el costo de producción, almacenamiento y demás infraestructura de hidrógeno también influirá en el costo unitario.

A continuación, se muestran en la Tabla 4, los precios de las plantas eléctricas de 150 KVA de las comercializadoras principales que ofrecen este tipo de producto.

Tabla 4

Comparación de precios

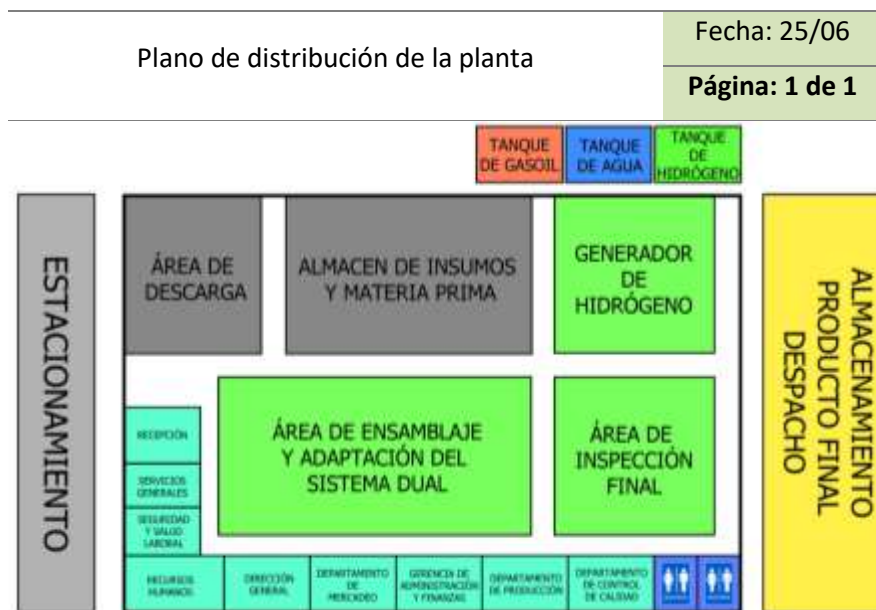
Comercializadora	Producto	Precio
RKN Supply	Planta eléctrica de 150 KVA	USD 23.000
COPIKON	Planta eléctrica de 150 KVA	USD 28.000

Nota. Elaboración Propia (2025).

Estudio Técnico-operativo

Figura 2

Distribución de planta



Nota. Escala 1:780. Elaboración Propia (2025).

Ingeniería del Proyecto

La ingeniería del proyecto se refiere a la realización de las actividades que tengan como objetivo la investigación de los métodos y pasos de la realización correcta del proceso productivo, así como los equipos, maquinaria, infraestructura y demás insumos necesarios para poder llevar a cabo el proceso productivo, además, esto también requiere de una estimación de costos de adquisición, mantenimiento, depreciación, entre otros, determinar la factibilidad o no factibilidad de la propuesta.

Descripción del Proceso de Ensamblaje del Sistema Dual Diésel-Hidrógeno para Plantas Eléctricas

1. Recepción y Control de Calidad

- Ingreso de componentes: Se reciben los sensores, válvulas, inyectores, reguladores, pantallas y periféricos.
- Inspección visual y técnica: Verificación de códigos, compatibilidad eléctrica/mecánica y pruebas básicas de funcionamiento.
- Almacenamiento temporal: Componentes se organizan según tipo y orden de instalación.

2. Preparación del Generador Base

- Desensamblaje parcial del generador para facilitar el acceso a sensores, motor, puntos de inyección y conductos de admisión/escape.
- Evaluación del motor Cummins 6BTA5.9G2 para establecer puntos de integración sin comprometer el rendimiento diésel.

3. Integración del Sistema de Control

- Instalación de sensores:
 - MAP Bosch 0261230043 para monitorear presión en el múltiple de admisión.
 - Lambda Bosch LSU 4.9 para mezcla aire-combustible.
 - EGT Tipo K + MAX31855 para temperatura de gases de escape.
 - Detonación Bosch KS4-P para prevenir combustión fuera de tiempo.
 - CKP VR para posición del cigüeñal.
 - TPS GM 3 pines en el acelerador (o bomba mecánica convertida).
 - Sensor de presión de H₂ Honeywell MLH para regulación precisa de inyección.
 - Sensor de fuga Figaro TGS2611 para seguridad.

4. Sistema de Inyección de Hidrógeno

- Instalación de los inyectores Bosch H2 DI: Ubicados en la parte superior del cilindro junto a los inyectores de gasoil, uno por cada cilindro, 6 en total.

- Montaje de válvulas:
 - Burkert 2871 como corte principal del flujo.
 - *Parker VSO* para control variable de alimentación de H₂.
- Regulación:
 - *Parker HPR-2* como reductor primario de presión.
 - *Bronkhorst EL-PRESS* para regulación digital avanzada y monitoreo en tiempo real.

5. Gestión Electrónica y Visualización

- Controladores, relés y protección:
 - Relé automotriz 12V 40A para protección y maniobra de potencia.
 - Ventilador SPAL para refrigeración activa en zonas críticas.
- Pantallas de control:
 - HMI Nextion 4.3" para visualización básica de datos.
 - TFT táctil avanzada para interfaz principal, mapas de inyección y control interactivo.

6. Calibración, Pruebas y Validación

- Ajustes iniciales con el generador funcionando solo en diésel.
- Activación progresiva del sistema de hidrógeno.
- Registro de lecturas y corrección de parámetros en función del rendimiento y la seguridad.
- Pruebas bajo distintas cargas y condiciones térmicas.

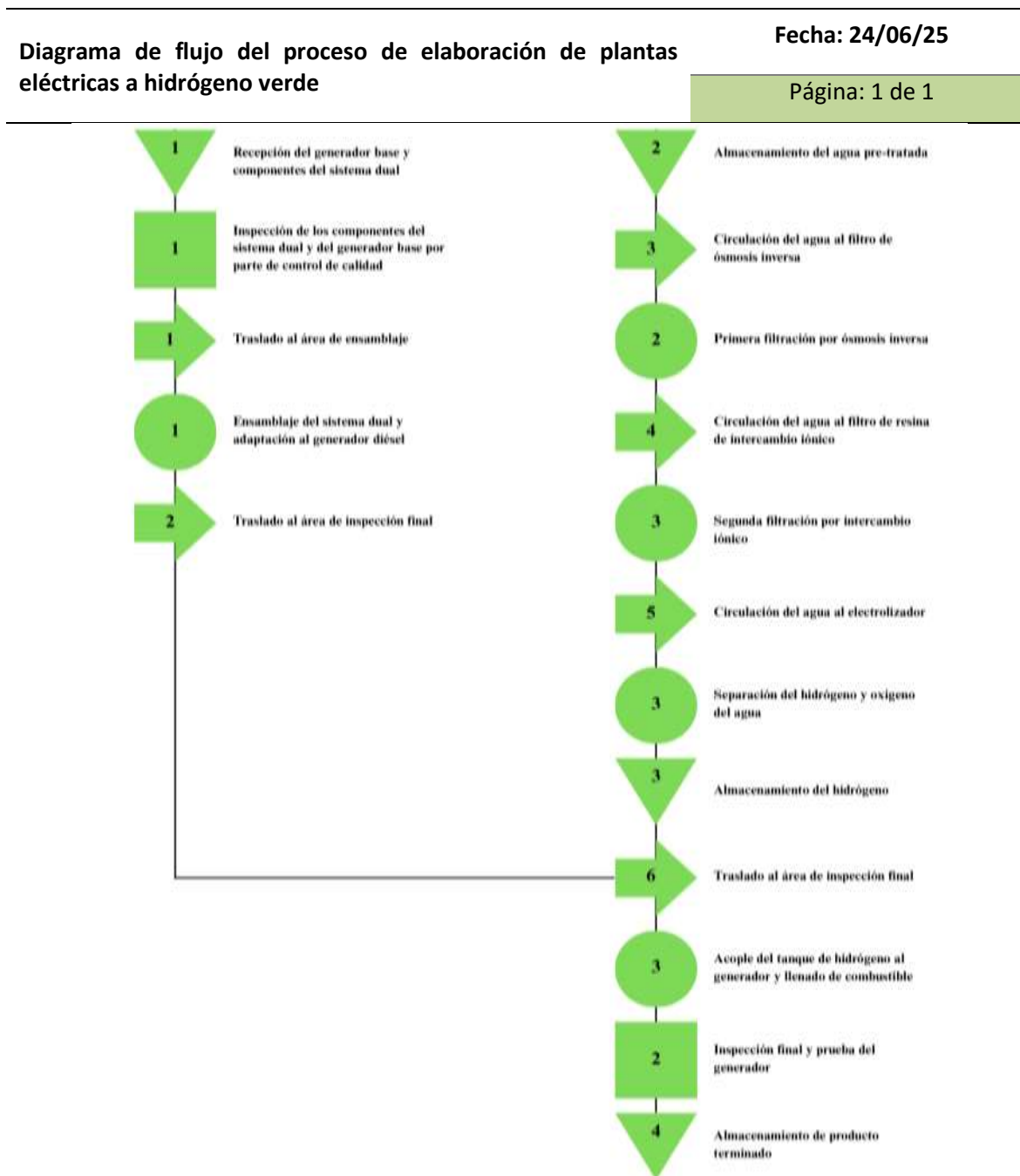
Paralelamente al ensamblaje del sistema dual y su adaptación al motor diésel, se lleva a cabo la producción del hidrógeno. El primer paso consiste en la extracción de agua del tanque de la planta hacia otro que se encuentra dentro del área de producción de hidrógeno. Allí el agua se hace circular por un filtro de ósmosis inversa, eliminar entre un 95% y un 98% de los minerales del agua, seguidamente se circula por un filtro de resina por intercambio iónico para obtener agua de alta pureza.

Una vez filtrada el agua se hace circular por un electrolizador alimentado por paneles solares que se instalan en el techo del galpón, en este caso el electrolizador, es un Cummins HyLYZER 1000-30, que por medio de un proceso llamado electrólisis rompe la molécula del agua separando el hidrógeno del oxígeno. El hidrógeno se produce en las celdas del cátodo mientras que el oxígeno se produce en las celdas del ánodo, de ahí el hidrógeno se recircula a un compresor, que corresponde al modelo Hiperbaric KS50 almacenando hidrógeno puro a una presión de 500 bar en tanques tipo IV, que posteriormente se acoplan al generador para alimentar el sistema dual. Por su parte, el hidrógeno se recircula hacia el exterior del

galpón como subproducto que se libera a la atmósfera. Es importante que la planta cuente con una buena ventilación, debido a que la acumulación de hidrógeno y oxígeno en espacios cerrados representa un riesgo de explosiones. En la Figura 19 se observa el diagrama de flujo del proceso productivo.

Figura 3

Diagrama de flujo de procesos



Nota. Elaboración Propia (2025).

Balance de Recursos

Para elaborar las plantas eléctricas a base de hidrógeno verde se requieren una serie de insumos y componentes para el proceso productivo. A continuación, en las tablas 5 y 6 se detallan todos los insumos, piezas, maquinaria e infraestructura necesaria para la elaboración de una planta eléctrica a base de hidrógeno verde.

Tabla 5

Requerimiento de materia prima

Descripción	Cantidad
Hidrógeno	20 kg

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 6

Requerimiento de insumos

Descripción	Cantidad
Sensor MAP Bosch 0261230043 (Múltiple)	1
Sensor Lambda Bosch LSU 4.9	1
Sensor EGT Tipo K + MAX31855	2
Sensor de detonación Bosch KS4-P	2
Sensor CKP VR	1
Sensor TPS GM 3 pines	1
Sensor presión H2 Honeywell MLH	2
Inyector de hidrógeno Bosch H2 DI	6
Válvula solenoide Burkert 2871	1
Válvula Parker VSO	1
Relé automotriz 12V 40A	4
Ventilador SPAL 12V brushless	2
Pantalla HMI Nextion 4.3"	1
Pantalla TFT táctil (avanzada)	1
Regulador Parker HPR-2	1
Regulador Bronkhorst EL-PRESS	1
Sensor de fuga Figaro TGS2611	2
Tanque tipo IV	1

Nota. Elaboración Propia.

En este orden de ideas, también se toman en cuenta la maquinaria, equipos y herramientas necesarios para realizar el ensamblaje, así como los equipos de protección personal, material de oficinas y demás requerimientos para el personal de la empresa. En la tabla 7 se muestran los medios operativos necesarios y en las tablas 8, 9 y 10 se muestra un listado de los insumos requeridos por el personal.

Tabla 7*Requerimiento de maquinaria y herramientas*

Descripción	Cantidad	Características
Paneles solares	150 und	Paneles solares con un área de 1.7m ² y 450 W de potencia
Tuberías de acero inoxidable	12 metros	Tuberías de acero inoxidable 316L para agua purificada
Electrolizador	1 und	Electrolizador Cummins HyLYZER 1000-30
Compresor de hidrógeno	1 und	Compresor de hidrógeno Hiperbaric KS50
Montacargas	2 und	Monta cargas Hyundai 25G-7M con capacidad de 2500 kg
Juego de herramientas	6 und	Juego de herramientas TOTAL de 142 piezas
Tanque de almacenamiento de hidrógeno	1 und	Tanque de almacenamiento de hidrógeno con capacidad de 500 litros a 600 bar
Tanque de almacenamiento de agua	2 und	Tanque de almacenamiento de agua de 10000 lts
Filtro de ósmosis inversa	1 und	Filtro de ósmosis inversa con membrana semipermeable de poliamida
Taladro de pedestal	2 und	Taladro de pedestal de 5 velocidades con sus respectivas brocas

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 8*Equipos de protección personal (EPP)*

Descripción	Cantidad	Características
Botas de seguridad	24 pares	En cuero con punta de acero y suela de poliuretano COVENIN 39:2003
Casco de seguridad	24 und	Elaborados de plástico resistente COVENIN 815:1999
Máscaras antigás	24 und	Máscaras antigás media cara 3M
Lentes de seguridad	24 und	Transparentes de plástico resistente
Guantes de seguridad	20 pares	Elaborados en polietileno y sílice

Nota. Elaboración Propia.**Tabla 9***Requerimientos de equipos de oficina*

Descripción	Cantidad	Características
Computadoras	10	Procesador Intel Core i5 512 GB de memoria y 8 GB de RAM y monitor LED
Escritorios de oficina	15	Elaborados en metal y madera, con tres gavetas y archivador.
Sillas ejecutivas	15	Sillas ejecutivas ergonómicas, con respaldo en un material suave, con ruedas y apoyabrazos
Aire acondicionado	9	Aire acondicionado tipo Split marca Daewoo de 18000 BTU
Lámparas	18	Lámparas LED de 110V
Teléfonos	3	Teléfonos fijos Panasonic
Sillas de sala de espera	3	Sillas metálicas de 3 puestos
Impresoras	6	Impresora EPSON Ecotank L1250

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 10*Requerimientos de personal*

Descripción	Cantidad
Jefe de servicios generales	1
Conserje	3
Médico ocupacional	1
Gerente de RR.HH.	1
Gerente de mercadeo	1
Vendedor	2
Administrador	1
Gerente administrativo y financiero	1
Gerente de producción	1
Ingeniero electrónico	1
Ingeniero mecánico	1
Gerente de control de calidad	1
Ingeniero Industrial	1
Contador	1
Operario	12

Nota. Elaboración Propia.

Capacidad de Producción

La planta operará unas 40 horas a la semana, divididas en un total de 5 días con una jornada laboral diaria de 8 horas. La empresa también contará como laborables 11 meses del año, dejando un mes libre por vacaciones colectivas, se toman en cuenta además días feriados. La capacidad de producción se calculará en base a un esquema diario de 6 horas productivas por día (considerando que 1 hora sea destinada a la limpieza y acondicionamiento de las máquinas antes de iniciar la misma y 1 hora destinada al almuerzo). El ensamblaje del sistema dual y su adaptación lleva aproximadamente 6 horas, dando unas 0,67 unidades por hora.

$$0,67 \text{ und/hr} \times 6 \text{ hr/día} = 4,02 \text{ und/día}$$

$$4,02 \text{ und/día} \times 5 \text{ días/semana} = 20,1 \text{ und/semana}$$

$$20,1 \text{ und/semana} \times 4 \text{ semanas/mes} = 80,4 \text{ und/mes}$$

$$\text{CPI} = 80,4 \text{ und/mes} \times 11 \text{ meses/año} \approx 884 \text{ und/año}$$

Una vez calculada la capacidad de producción instalada, se procede a calcular la misma para los próximos 5 años.

Tabla 11

Capacidad de planta utilizada

Año	Demanda proyectada (generadores/año)	Capacidad utilizada (%)
1	196	22,15 %
2	206	23,29 %
3	216	24,42 %
4	227	25,66 %
5	238	26,90 %

Nota. Elaboración Propia.

Costos de Producción

Los costos de producción se refieren a los gastos que son necesarios para la adquisición de materia prima, insumos, maquinaria, herramientas y demás equipos, además del pago de la mano de obra y servicios que hacen falta para llevar a cabo la elaboración de un producto. Esto es importantísimo para determinar la rentabilidad de una empresa, pues los costos de producción en relación con los ingresos de las ventas del producto indican el beneficio bruto. A continuación, en las siguientes tablas se observan los costos variables de materia prima, herramientas e insumos para la producción de una planta eléctrica de hidrógeno verde.

Tabla 12

Costo variable de materia prima

Descripción	Valor unitario	Cantidad	Valor total
Hidrógeno	\$ 4,25	20 kg	\$ 85,00
Total			\$ 85,00

Nota. El precio del hidrógeno se promedió entre los precios publicados por la Agencia Internacional de la Energía. Elaboración Propia (2025).

Tabla 13*Costo variable de insumos*

Componente	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Sensor MAP Bosch 0261230043	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Sensor Lambda Bosch LSU 4.9	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Sensor EGT Tipo K + MAX31855	2	\$ 25,00	\$ 50,00
Sensor de detonación Bosch KS4-P	2	\$ 45,00	\$ 90,00
Sensor CKP VR	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Sensor TPS GM 3 pines	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Sensor presión H2 Honeywell MLH	2	\$ 120,00	\$ 240,00
Inyector de hidrógeno Bosch H2 DI	6	\$ 180,00	\$ 1.080,00
Válvula solenoide Burkert 2871	1	\$ 160,00	\$ 160,00
Válvula Parker VSO	1	\$ 280,00	\$ 280,00
Relé automotriz 12V 40A	4	\$ 5,00	\$ 20,00
Ventilador SPAL 12V brushless	2	\$ 90,00	\$ 180,00
Pantalla HMI Nextion 4.3"	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Pantalla TFT táctil (avanzada)	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Regulador Parker HPR-2	1	\$ 350,00	\$ 350,00
Regulador Bronkhorst EL-PRESS	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Sensor de fuga Figaro TGS2611	2	\$ 35,00	\$ 70,00
Tanque tipo IV	1	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
Generador Saonon S150H6C	1	\$ 17.000,00	\$ 17.000,00
Total		\$ 27.820,00	\$ 29.050,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

A continuación, en la Tabla 14 se muestran los servicios básicos contratados por la empresa, así como sus costos mensuales y anuales, para la elaboración de plantas eléctricas a hidrógeno verde, así como el correcto funcionamiento de la empresa.

Tabla 14*Costos por Servicios Básicos*

Descripción	Proveedor	Costo mensual (USD)		Costo anual (USD)	
Telefonía	Movistar	\$	60,00	\$	720,00
Internet	Thundernet	\$	60,00	\$	720,00
Agua	HIDROLARA	\$	80,00	\$	960,00
Electricidad	CORPOELEC	\$	80,00	\$	960,00
Aseo	FOSPUCA	\$	100,00	\$	1.200,00
Total		\$	380,00	\$	4.560,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

En este orden de ideas también se tomaron en consideración otros costos relacionados con contratación, como es el caso de la vigilancia, mantenimiento de la maquinaria, así como el alquiler del galpón. Toda esta información se muestra en la tabla 15.

Tabla 15*Costos por contratación*

Descripción	Proveedor	Costo mensual (USD)		Costo anual (USD)	
Alquiler	Rent a house	\$	2.500,00	\$	30.000,00
Mantenimiento	Mundo Mecánico C. A.	\$	400,00	\$	4.800,00
Vigilancia	Serenos Lara	\$	400,00	\$	4.800,00
Total		\$	3.300,00	\$	39.600,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Sueldos y Salarios

Anteriormente se mencionó que la empresa trabajaría de lunes a viernes en jornadas laborales de 8 horas diarias, dando un total de 40 horas semanales de acuerdo con lo que dictamina la Ley Orgánica del Trabajo, de Trabajadores y Trabajadoras (LOTTT) Art. 173. Al momento de calcular los salarios totales se tomó en cuenta una serie de datos, siendo estos en primer lugar un bono de alimentación de \$60, para el Régimen Prestaciones para la Vivienda y Hábitat (R.P.V.H.) se tomó el 2% mensual sobre sueldo base, para el Seguro Social Obligatorio Socialista (S.S.O.S.) el nueve por ciento 9% mensual sobre salario base, para el Régimen Prestacional de Empleo (R.P.E.) se utilizó el dos por 2% mensual sobre sueldo base y para el Instituto Nacional de Capacitación y Evaluación Socialista (I.N.C.E.S.) el dos por ciento 2% de sueldo

base acumulado trimestral, así como se estiman utilidades a un equivalente de treinta (30) días de salario base.

Tabla 16

Mano de obra directa

Cargo	Cantidad	Salario Base	Cesta ticket	RPVH (2%)	SSOS (9%)	RPE (2%)	TOTAL (Mes)	Utilidades	INCES 2%	TOTAL (Año)
Gerente de producción	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		350,00	40,00	7,00	31,50	7,00	442,50	350,00	7,00	5.660,00
Operario	12	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		150,00	40,00	3,00	13,50	3,00	2.550,00	150,00	3,00	30.750,00
Ingeniero electrónico	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		320,00	40,00	6,40	28,80	6,40	408,00	320,00	6,40	5.216,00
Gerente control de calidad	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		350,00	40,00	7,00	31,50	7,00	442,50	350,00	7,00	5.660,00
Ingeniero mecánico	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		320,00	40,00	6,40	28,80	6,40	408,00	320,00	6,40	5.216,00
Ingeniero industrial	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		300,00	40,00	6,00	27,00	6,00	385,00	300,00	6,00	4.920,00
Gerente de RR.HH.	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		350,00	40,00	7,00	31,50	7,00	442,50	350,00	7,00	5.660,00
Gerente administrativo y financiero	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		350,00	40,00	7,00	31,50	7,00	442,50	350,00	7,00	5.660,00
Contador	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		280,00	40,00	5,60	25,20	5,60	362,00	280,00	5,60	4.624,00
Administrador	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		180,00	40,00	3,60	16,20	3,60	247,00	180,00	3,60	3.144,00
Gerente de mercadeo	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		300,00	40,00	6,00	27,00	6,00	385,00	300,00	6,00	4.920,00
Vendedor	2	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		150,00	40,00	3,00	13,50	3,00	425,00	150,00	3,00	5.250,00
Médico ocupacional	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		180,00	40,00	3,60	16,20	3,60	247,00	180,00	3,60	3.144,00
Jefe de servicios generales	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		140,00	40,00	2,80	12,60	2,80	201,00	140,00	2,80	2.552,00
Conserje	3	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		120,00	40,00	2,40	10,80	2,40	534,00	120,00	2,40	6.528,00
Total	29						\$			\$
							7.922,00			98.904,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 17

Mano de obra indirecta

Cargo	Cantidad	Salario Base	Cestaticket	RPVH (2%)	S.S.O. (9%)	R.P.E (2%)	TOTAL (Mes)	Utilidades	INCES (2%)	TOTAL (Año)
Community manager	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		130,00	40,00	2,60	11,70	2,60	189,50	350,00	2,60	2.624,00
Consultor jurídico	1	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
		200,00	40,00	4,00	18,00	4,00	270,00	350,00	4,00	3.590,00
Total	2						\$			\$
							459,50			6.214,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Habiendo desglosado y calculado todos los costos fijos de producción, ahora se procede a realizar la totalización de estos en la Tabla 17 para presentarlos de una forma más resumida.

Tabla 18*Costos Fijos Totales de Producción*

Descripción	Costo mensual	Costo anual
Mano de obra directa	\$ 7.922,00	\$ 98.904,00
Mano de obra indirecta	\$ 459,50	\$ 6.214,00
Servicios básicos	\$ 2.890,00	\$ 34.680,00
Contrataciones	\$ 3.300,00	\$ 39.600,00
Total	\$ 14.571,50	\$ 179.398,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Una vez determinada la producción anual de la planta para su primer año, y habiendo calculado los costos fijos de producción se procede con el cálculo del costo fijo unitario (CFU) el cuál se realiza por medio de la siguiente fórmula.

$$CFU = (\text{Costos fijos anuales}) / (\text{Producción anual})$$

$$CFU = (\$ 179.398,00) / (884 \text{ und}) = 202,94\$/\text{und}$$

Similarmente, se procede ahora con la totalización de los costos fijos variables, que corresponden a los costos variables de materia prima y los costos variables de insumos y que da como resultado el coste variable unitario como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19*Costo Variable Unitario*

Descripción	Costo total (USD)
Materia prima	\$ 85,00
Insumos	\$ 29.050,00
Total	\$ 29.135,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Costo Total Unitario

Una vez calculados el costo fijo unitario y el costo variable unitario, se suman ambos valores para la obtención del costo total unitario, haciendo uso de la siguiente fórmula y como se puede evidenciar en la tabla 20.

$$CTU = CFU + CVU$$

Tabla 20*Costo total unitario*

Descripción	Costo total (USD)
Costo fijo unitario	\$ 202,94
Costo variable unitario	\$ 29.135,00
Total	\$ 29.337,94

Nota. Elaboración Propia (2025).

Habiendo calculado el costo unitario total de producción, se procede ahora con el cálculo del precio de venta. Para ello se tomará para la empresa un margen de ganancia del 20% más un 10% adicional para cubrir gastos operativos y logísticos. Para realizar el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Precio de venta} = \text{CTU} \times 0,30$$

$$\text{Precio de venta} = \$29.337,94 \times 1,30$$

$$\text{Precio de venta} = \$38.139,32 \text{ por unidad}$$

Estudio Económico-Financiero**Activos Fijos Intangibles**

Los costos de activos fijos intangibles están constituidos por los costos de Registro de Comercio, Patente y de Marca. Estos trámites serán gestionados por una firma de abogados. Se presenta a continuación en la Tabla 21 la lista de activos intangibles.

Tabla 21*Activos Fijos Intangibles*

Descripción	Costo total
Registro de Marca	\$ 300,00
Registro de comercio	\$ 1.500,00
Patente de industria y comercio	\$ 600,00
otros gastos	\$ 250,00
Total	\$ 2.650,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Activos Fijos Tangibles

Los costos de activos fijos tangibles están determinados por todos los bienes materiales con los que cuenta la empresa, como lo indica su nombre, estos incluyen todo lo relacionado con la maquinaria,

equipos, insumos, mobiliario, entre otros. Se toma en cuenta además la depreciación de dichos bienes. En las tablas 22 a la tabla 25 se muestran todos los gastos relacionados con los activos fijos tangibles.

Tabla 22*Costo de maquinaria y herramientas*

Descripción	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Paneles solares	150	\$ 180,00	\$ 27.000,00
Tuberías de acero inoxidable	12	\$ 40,00	\$ 480,00
Electrolizador	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
Compresor de hidrógeno	1	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Montacargas	2	\$ 17.000,00	\$ 34.000,00
Juego de herramientas	6	\$ 350,00	\$ 2.100,00
Tanque de almacenamiento de hidrógeno	1	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00
Tanque de almacenamiento de agua	2	\$ 1.250,00	\$ 2.500,00
Filtro de ósmosis inversa	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
Taladro de pedestal	2	\$ 2.000,00	\$ 4.000,00
Total		\$ 2.642.320,00	\$ 2.691.580,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 23*Costo de equipos de protección personal (EPP)*

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Botas de seguridad	24	\$ 40,00	\$ 960,00
Casco de seguridad	24	\$ 4,00	\$ 96,00
Máscaras antigás	24	\$ 25,00	\$ 600,00
Lentes de seguridad	24	\$ 3,00	\$ 72,00
Guantes de seguridad	20	\$ 6,00	\$ 120,00
Total			\$ 1.848,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 24*Costo de equipos de oficina*

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Computadoras	10	\$ 450,00	\$ 4.500,00
Escritorios de oficina	15	\$ 100,00	\$ 1.500,00
Sillas ejecutivas	15	\$ 65,00	\$ 975,00
Aire acondicionado	9	\$ 780,00	\$ 7.020,00
Lámparas	18	\$ 10,00	\$ 180,00
Teléfonos	3	\$ 30,00	\$ 90,00
Sillas de sala de espera	3	\$ 175,00	\$ 525,00
Impresoras	6	\$ 270,00	\$ 1.620,00
Total			\$ 16.410,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Una vez calculados los costos de los activos fijos tangibles se procede con la totalización de estos en la Tabla 25 para presentarlos de una forma más resumida y organizada

Tabla 25*Activos fijos tangibles*

Descripción	Costo total
Insumos de oficina	\$ 16.410,00
Herramientas y maquinaria	\$ 2.691.580,00
equipos de protección personal	\$ 1.848,00
Total	\$ 2.709.838,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Inversiones en Activo Circulante

El activo circulante se refiere a todos los bienes líquidos con los que cuenta una empresa, es decir, el dinero en metálico que tiene a disposición. El cálculo del valor de materia prima e insumos se obtuvo multiplicando la demanda proyectada mensual de generadores por los costos variables de la materia prima e insumos como se muestra en el siguiente cálculo. Para efectos de exactitud de cálculo la demanda mensual de 16,34 generadores por mes se aproximó a 17 unidades mensuales:

$$\text{Valor materia prima e insumos} = \text{Demanda mensual} \times \text{Costo variable}$$

$$\text{Valor materia prima e insumos} = 17 \times \$ 29.135$$

Valor materia prima e insumos = \$ 495.295

A continuación, en la tabla 26 y 27 se muestran los gastos indirectos y activos circulantes.

Tabla 26

Costos indirectos

Descripción	Costo mensual	Costo anual
Insumos de oficina	\$ 200,00	\$ 2.400,00
Publicidad y redes sociales	\$ 300,00	\$ 3.600,00
Artículos de limpieza	\$ 200,00	\$ 2.400,00
Total	\$ 700,00	\$ 8.400,00

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 27

Activos circulantes

Descripción	Costo mensual	Costo anual
Mano de obra	\$ 8.381,50	\$ 105.118,00
Servicios básicos	\$ 2.890,00	\$ 34.680,00
Materia prima e insumos	\$ 498.744,98	\$ 5.750.236,24
Gastos indirectos	\$ 700,00	\$ 8.400,00
Total	\$ 510.716,48	\$ 5.898.434,24

Nota. Elaboración Propia.

A continuación, en la tabla 28 se muestra un resumen de inversiones con la totalización del monto de inversión inicial.

Tabla 28

Resumen de inversiones

Descripción	Total
Activos fijos tangibles	\$ 2.709.838,00
Activos fijos intangibles	\$ 2.650,00
Activos circulantes	\$ 5.898.434,24
Total	\$ 8.610.922,24

Nota. Elaboración Propia (2025).

Depreciación

Para el cálculo de depreciación de equipos se utilizó el método de depreciación lineal, considerando el valor de salvamento en base al 10% del valor inicial, estimando la vida útil bajo las

indicaciones de los proveedores. En la tabla 29 se muestra la depreciación de los equipos usando la siguiente fórmula.

$$\text{Depreciación} = (\text{Valor inicial} - \text{Valor de salvamento}) / \text{Vida útil (años)}$$

Tabla 29

Depreciación de equipos

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Valor salvamento	Vida útil (años)	Depreciación
Paneles solares	150	\$ 180,00	\$ 27.000,00	\$ 2.700,00	15	\$ 1.620,00
Tuberías de acero inoxidable	12	\$ 40,00	\$ 480,00	\$ 48,00	10	\$ 43,20
Electrolizador	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00	\$ 200.000,00	15	\$ 120.000,00
Compresor de hidrógeno	1	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 60.000,00	15	\$ 36.000,00
Montacargas	2	\$ 17.000,00	\$ 34.000,00	\$ 3.400,00	20	\$ 1.530,00
Juego de herramientas	6	\$ 350,00	\$ 2.100,00	\$ 210,00	20	\$ 94,50
Tanque de almacenamiento de hidrógeno	1	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00	\$ 1.800,00	15	\$ 1.080,00
Tanque de almacenamiento de agua	2	\$ 1.250,00	\$ 2.500,00	\$ 250,00	20	\$ 112,50
Filtro de ósmosis inversa	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 350,00	15	\$ 210,00
Taladro de pedestal	2	\$ 2.000,00	\$ 4.000,00	\$ 400,00	20	\$ 180,00
Total						\$ 160.870,20

Nota. Elaboración Propia (2025).

Presupuesto de gastos proyectados

Para la elaboración de los gastos proyectados se parte de un crecimiento del 5% interanual de la participación que tendrá la empresa en el mercado durante los próximos 5 años como se pudo observar en la Tabla 20 con la proyección de la demanda. Este crecimiento tendrá un efecto en los costos de materias primas e insumos para la fabricación de las plantas eléctricas.

Se toma en cuenta además para la proyección de gastos un porcentaje de inflación acumulada anual. Estimando que la inflación podría alcanzar el 200% para finales de 2025, reflejando un deterioro en los indicadores económicos y alta incertidumbre en el entorno macroeconómico. Por su parte, el Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales (IIES) de la UCAB proyecta una inflación de aproximadamente 220%. Por lo tanto, promediando estas dos estimaciones se obtiene una inflación acumulada de 210%, la

cual se usará como referente. No obstante, debido a que los costos están calculados en dólares estadounidenses no se espera que la inflación tenga un efecto. Sin embargo, con datos de la Reserva Federal de los Estados Unidos, entidad encargada de la emisión del dólar que es la moneda que se usa como referente en este proyecto, además de datos obtenidos de instituciones financieras internacionales como el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial se estimará el incremento anual de los gastos en un 10%.

Con respecto a los salarios de la mano de obra, tampoco se tomará en cuenta un incremento de estos debido a que todos los salarios se encuentran por encima del mínimo establecido por el Ejecutivo Nacional, además de que están calculados en dólares estadounidenses a la tasa emitida por el Banco Central de Venezuela (BCV) al momento de realizar los pagos de nómina. En la tabla 49 se presenta la información detallada del presupuesto de gastos proyectados. No obstante, es importante recalcar que corresponden a datos no oficiales dado que algunos indicadores macroeconómicos nacionales y no provienen de fuentes gubernamentales al no haber estadísticas disponibles de parte de estas.

Estado de Resultados Proyectados

El estado de resultados proyectados establece si un proyecto tendrá los suficientes ingresos para llevarlo a cabo, estableciendo además si los márgenes de utilidad son aceptables para el saldo de deudas y el financiamiento de expansiones futuras de la empresa. Esta información está detallada en la Tabla 30.

Tabla 30

Presupuesto de gastos proyectados

Descripción	Incremento anual	Inflación anual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materia prima e insumos	10	-	\$ 5.750.236,24	\$ 6.647.977,20	\$ 7.667.764,00	\$ 8.864.077,18	\$ 10.222.975,35
Mano de obra	-	-	\$ 105.118,00	\$ 115.629,80	\$ 127.192,78	\$ 139.912,06	\$ 153.903,26
Servicios básicos	-	10	\$ 4.560,00	\$ 5.016,00	\$ 5.517,60	\$ 6.069,36	\$ 6.676,30
Contrataciones	-	10	\$ 39.600,00	\$ 43.560,00	\$ 47.916,00	\$ 52.707,60	\$ 57.978,36
Gastos indirectos	-	10	\$ 8.400,00	\$ 9.240,00	\$ 10.164,00	\$ 11.180,40	\$ 12.298,44
Total			\$ 5.907.914,24	\$ 6.821.423,00	\$ 7.858.554,38	\$ 9.073.946,60	\$ 10.453.831,71

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 31*Presupuesto de ingresos proyectados*

Descripción	Incremento anual	Inflación anual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Demanda de unidades	5	-	196	206	216	227	238
Precio de venta	5	-	\$ 38.139,32	\$ 40.046,29	\$ 42.048,60	\$ 44.151,03	\$ 46.358,58
Ingresos			\$ 7.475.306,72	\$ 8.249.534,92	\$ 9.082.497,66	\$ 10.022.283,88	\$ 11.033.342,48

Nota. Elaboración Propia (2025).

Tabla 32**Presupuesto de resultados proyectados**

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	\$ 7.475.306,72	\$ 8.249.534,92	\$ 9.082.497,66	\$ 10.022.283,88	\$ 11.033.342,48
Gastos	\$ 5.907.914,24	\$ 6.498.705,66	\$ 7.148.576,23	\$ 7.863.433,85	\$ 8.649.777,24
Total	\$ 1.567.392,48	\$ 1.750.829,25	\$ 1.933.921,43	\$ 2.158.850,03	\$ 2.383.565,24

Nota. Elaboración Propia (2025).

Como se puede observar en la tabla 32, el presupuesto de resultados proyectados presenta un balance positivo, por lo que con este dato se puede decir que el proyecto es rentable. Con estos valores se procede a calcular el flujo de caja, expresado en la Tabla 33.

Flujo Neto de Caja

El flujo neto de caja es un indicador financiero que representa la diferencia entre los ingresos y los egresos de efectivo de una empresa o proyecto durante un período determinado. Es decir, muestra cuánto dinero efectivo queda disponible después de cubrir todos los gastos operativos, de inversión y financieros, estos indicadores se muestran en la Tabla 52 a continuación.

Tabla 33*Flujo neto de caja*

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ventas		\$ 7.475.306,72	\$ 8.249.534,92	\$ 9.082.497,66	\$ 10.022.283,88	\$ 11.033.342,48
Total ingresos		\$ 7.475.306,72	\$ 8.249.534,92	\$ 9.082.497,66	\$ 10.022.283,88	\$ 11.033.342,48
Gastos						
Total gastos		\$ 5.907.914,24	\$ 6.821.423,00	\$ 7.858.554,38	\$ 9.073.946,60	\$ 10.453.831,71
Utilidad bruta		\$ 1.567.392,48	\$ 1.428.111,91	\$ 1.223.943,29	\$ 948.337,29	\$ 579.510,76
ISLR (34%)		\$ 532.913,44	\$ 485.558,05	\$ 416.140,72	\$ 322.434,68	\$ 197.033,66
Utilidad neta		\$ 1.034.479,04	\$ 942.553,86	\$ 807.802,57	\$ 625.902,61	\$ 382.477,10
Inversión	\$ 8.610.922,24					
Flujo de caja	\$ -8.610.922,24	\$ 1.034.479,04	\$ 942.553,86	\$ 807.802,57	\$ 625.902,61	\$ 382.477,10

Nota. Elaboración Propia (2025).

Análisis Financiero

El análisis financiero es un método en el que se evalúan ciertos indicadores de este tipo y de acuerdo con los resultados obtenidos realizar la toma de decisiones con respecto al proyecto. Dentro del análisis financiero se toman en cuenta indicadores como el Valor Actual Neto, la Tasa Mínima de Rendimiento Aceptable, el Período de Retorno de Inversión, la Relación Costo/Beneficio, la Tasa Interna de Retorno y un Análisis de sensibilidad para ver cómo se comportaría la empresa en escenarios desfavorables y su capacidad para resistir circunstancias adversas.

Tasa mínima de rendimiento aceptable (TMAR)

Para el cálculo de la Tasa mínima de rendimiento aceptable (TMAR) se tomó la tasa de interés activa fijada por el Banco Central de Venezuela, estipulada en un 59,22%, además del rango de inflación mensual registrado en junio de 2025 que fue de un 18,4%.

$$TMAR = (0,5922+0,184) + (0,5922+0,184) \times 100$$

$$TMAR \approx 88,5\%$$

Relación Costo-Beneficio

Se determina con el cociente entre los beneficios percibidos por la empresa y los costos incurridos en un periodo de tiempo. Según los siguientes criterios se concluye:

Si el cociente es mayor que 1, entonces se acepta el proyecto.

Si el cociente es menor que 1, entonces se rechaza el proyecto.

A continuación, se establece en la Tabla 34 los costos y beneficios para la empresa en los próximos 5 años.

Tabla 34

Relación costo/beneficio

Año	Beneficios	Costos
0		\$ 8.610.922,24
1	\$ 7.475.306,72	\$ 5.907.914,24
2	\$ 8.249.534,92	\$ 6.821.423,00
3	\$ 9.082.497,66	\$ 7.858.554,38
4	\$ 10.022.283,88	\$ 9.073.946,60
5	\$ 11.033.342,48	\$ 10.453.831,71
Total	\$ 45.862.965,66	\$ 48.726.592,17

Nota. Elaboración Propia (2025).

$$B/C = \sum \text{Beneficios} / \sum \text{Costos} = \$ 45.862.965,66 / \$ 48.726.592,17 = 0,94$$

La relación costo-beneficio es 0,94 lo que significa por cada dólar gastado, se generan aproximadamente \$0,94 de ingresos, es decir, el proyecto no es rentable porque los beneficios no permiten obtener ganancias ni recuperar la inversión al ser menores que los costos, generando pérdidas.

Período de Retorno De Inversión

Este indicador como lo sugiere su nombre es el tiempo en el que toma recuperar la inversión inicial, para calcularlo se toma en cuenta el capital inicial, multiplicado por 12 que corresponden a los meses del año dividido entre el flujo de caja neto del primer año.

$$PRI = \text{Inversión inicial} \times 12 \text{ meses} / \text{Flujo de caja}$$

$$PRI = \$ 8.610.922,24 \times 12 \text{ meses} / \$ 1.034.479,04 = 99,89 \text{ meses}$$

El cálculo anterior demuestra que la inversión inicial debido a la no rentabilidad del proyecto se recuperaría en un período extremadamente largo de tiempo que es inaceptable.

Valor Actual Neto

El valor actual neto, también conocido como VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. En la tabla 35 se muestran estos cálculos

Tabla 35

Valor actual neto

Año	Flujo de Caja (\$)	Factor de Descuento	Valor Actual
1	\$ 1.034.479,04	0,5308	\$ 549.228,01
2	\$ 942.553,86	0,2816	\$ 265.382,73
3	\$ 807.802,57	0,1494	\$ 120.650,28
4	\$ 625.902,61	0,0793	\$ 49.643,15
5	\$ 382.477,10	0,0420	\$ 16.070,03
			Total: \$ 1.000.974,20

Nota. Elaboración Propia (2025).

Inversión inicial: \$ 8.610.922,24

TMAR: 88,5%

$VAN = \$ 1.000.974,20 - \$ 8.610.922,24 = -\$ 7.609.948,04$

El Valor Actual Neto da un total de $-\$ 7.609.948,04$, al ser negativo se concluye que el proyecto no es rentable por lo que se rechaza.

Tasa Interna de Retorno

La TIR es la tasa de rendimiento promedio anual que genera un proyecto. Es el número que hace que el Valor Actual Neto (VAN) sea igual a cero. Si la TIR es mayor que la tasa mínima de rendimiento (TMAR), el proyecto vale la pena. Para calcularla se realizaron una serie de cálculos en Microsoft Excel que arrojaron una TIR de un -38,6% por lo que al ser menor que la TMAR de 88,5% el proyecto se considera no rentable. En la Tabla 55 se muestra un análisis de la TIR.

Tabla 36

Análisis de la TIR

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo neto	\$	\$	\$	\$	\$	\$
de caja	-8.610.922,24	1.034.479,04	942.553,86	807.802,57	625.902,61	382.477,10
TIR	-38,6%					

Nota. Elaboración Propia (2025).

Resultados o Hallazgos

Entre los resultados y hallazgos que se pueden destacar del presente estudio, es que si bien el hidrógeno verde es una alternativa bastante prometedora, es muchísimo más costosa que las fuentes de energía más tradicionales, esto se debe a que el hidrógeno es una tecnología que todavía sigue siendo muy prematura y que todavía sigue en una fase experimental, por lo tanto, los dispositivos y máquinas que funcionan con hidrógeno aún no han alcanzado economía de escala y no existen alternativas modulares que sean más económicas. Debido a esto, una planta eléctrica de hidrógeno queda fuera de competencia al ser muchísimo más costosa que las alternativas con diesel o gas natural.

Discusión

Este estudio de factibilidad tiene pocos precedentes en el escenario venezolano, por lo que fue casi imposible encontrar trabajos enfocados en el campo del hidrógeno realizados en el país. El proyecto más relevante fue un proyecto experimental realizado por Xinyu et al. (2021), para optar al título de Doctor en Filosofía de la Universidad de Nueva Gales del Sur, Australia, titulado "Rendimiento y emisiones del hidrógeno-diésel inyección directa dual (H2DDI) en un motor monocilíndrico de ignición por compresión" (Traducción del original: Performance and emissions of hydrogen-diesel dual direct injection (H2DDI) in a single-cylinder compression-ignition engine). Este trabajo tuvo como objetivo demostrar la aplicabilidad de un sistema de inyección dual diésel/hidrógeno con una mezcla compuesta de un 90% de hidrógeno y 10% de diésel, en ambos, el objetivo es la prevención de la formación de óxidos de nitrógeno y una reducción de las emisiones de dióxido de carbono en más de un 80%.

Conclusiones o Reflexiones

El estudio de factibilidad para la creación de una empresa encargada de la elaboración de plantas eléctricas a base de hidrógeno verde en la Ciudad de Barquisimeto, Estado Lara, se realizó bajo un esquema de tres etapas. La primera consistió en un estudio de mercado en el que se le aplicó una encuesta a las comercializadoras donde se ofrecen generadores eléctricos, las preguntas iban enfocadas en el

volumen de ventas, precios e interés de los clientes, así como el tipo de combustible utilizado por cada una.

El estudio de mercado arrojó que, si bien existe un desconocimiento general tanto de los comercializadores como de los clientes sobre el hidrógeno verde y sus beneficios, existe un optimismo por parte de estos posibles aliados comerciales en la venta de este tipo de plantas eléctricas. Respecto al análisis de la demanda y la proyección de esta en un período de 5 años se corresponde con la coyuntura de las fallas eléctricas prolongadas en el país, lo cual se corresponde en que la demanda de este tipo de productos en la ciudad de Barquisimeto se mantenga estable o aumente debido a la falta de soluciones en este aspecto en el corto o mediano plazo.

En el estudio técnico se pudo observar que para la elaboración de una planta eléctrica con sistema dual diésel-hidrógeno se parte de un generador base, cuyo motor tiene que ser modificado añadiendo un segundo sistema de inyección independiente que será el de inyección de hidrógeno para hacer el sistema dual de ambos combustibles, culminando en un inyector de gasoil y uno de hidrógeno en cada cilindro. También se observó la necesidad de maquinaria e infraestructura especializada como el electrolizador, el compresor y los tanques especializados para producir, comprimir y almacenar el hidrógeno. Debido a la necesidad de esta maquinaria, sumado además a las grandes dimensiones de las plantas eléctricas de 150 KVA se consideró necesario un galpón con gran amplitud para poder llevar a cabo correctamente el proceso productivo y almacenamiento tanto de insumos como del producto terminado.

No obstante, el estudio económico-financiero demostró que los insumos y la maquinaria industrial especializada para trabajar con hidrógeno tienen un costo elevado, lo cual encarece el producto final, dejándolo fuera de competencia con las plantas eléctricas que funcionan únicamente con gasoil. Además, pese a que la demanda aumenta, se puede observar que los flujos de caja se reducen por cada año, con estos datos se pudo constatar en el análisis financiero que el proyecto tiene una relación costo beneficio de 0,94, un período de retorno de inversión excesivamente largo y por lo tanto inaceptable, una tasa interna de retorno de -38,6%, inferior a la tasa mínima de rendimiento aceptable de 88,5% y por último, un valor actual neto de -\$ 7.609.948,04, se concluye que el proyecto no es rentable.

Referencias

- Xinyu, L., Aleš, S., Ho Lung, Y., Sanghoon, K., Qing Nian, C. & Evatt R, Hawkes. (2021). Performance and emissions of hydrogen-diesel dual direct injection (H2DDI) in a single-cylinder compression-ignition engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(1), 1302-1314.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.10.006>