

HIDRÓGENO PARA CALDERAS

Conozca antecedentes sobre los electrolizadores usados para generar H₂, los costos asociados y la factibilidad de utilizar este combustible en calderas.

Arnulfo Oelker Behn
Gerente Técnico Thermal Engineering
aoelker@thermal.cl

Los electrolizadores son equipos utilizados para realizar la electrólisis del agua, es decir, descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno ocupando electricidad.

En el presente artículo nos enfocaremos en el electrolizador de Membrana Electrolítica de Polímero (PEM), cuyo corazón es una membrana no conductora de electrones, pero sí de protones (iones H⁺) que separa el ánodo y el cátodo, previniendo la mezcla de hidrógeno y oxígeno.

Otros componentes importantes del PEM son el ánodo, donde ocurre la reacción de oxidación del agua, para producir oxígeno; y los protones, electrones y el cátodo donde éstos se combinan para generar el hidrógeno.

En los ánodos y cátodos se utilizan catalizadores de platino e iridio para mejorar la eficiencia de las reacciones químicas.

Las ventajas de este tipo de electrolizadores son variadas:

- Alta eficiencia y pureza del H₂ (99.99%).
- Rápida respuesta para ajustarse a variaciones en la demanda de energía.
- Alta densidad de corriente, que permite una mayor producción de hidrógeno por unidad de área de la membrana.



Vista general electrolizador NEL Hydrogen.

Cualidades del hidrógeno, gas licuado y gas natural

	H2	GN	GLP
Poder calorífico superior	2,600 Kcal/Nm ³ 29,000 Kcal/Kg	9,300 Kcal/Nm ³	24,000 Kcal/Nm ³ 12,000 Kcal/Kg
Densidad	0.089 Kg/Nm ³	0.79 Kg/Nm ³	2 Kg/Nm ³

- Elevada seguridad al mantener separados los productos gaseosos (hidrógeno y oxígeno), reduciendo de esta forma el riesgo de explosión.

HIDRÓGENO VS. GASES

En la tabla adjunta se comparan las características del H₂ con las de combustibles comerciales como el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural (GN).

A continuación, se especifican algunos "números" referenciales asociados a la operación de un electrolizador tipo PEM:

- Eficiencia conversión energía eléctrica en hidrógeno: 67.1%
- Producción específica de H₂ por cada 1 MWe: 222 Nm³
- Presión de H₂: 30 bar
- Pureza de H₂: 99.9995%
- Impureza O₂: < 1 ppmv
- Impureza H₂O: < 5 ppmv
- Rango de modulación: 10 a 1
- Consumo de agua: 0.9 l/Nm³ de H₂
- Producción de O₂: 157.6 Kg/MWe

La producción de 222 Nm³/MWe de H₂ equivale a 137.5 Nm³/h de GN y 213.2 l/h de GLP.

PROYECTO ELECTROLIZADOR

A modo de ejemplo, se presenta el CAPEX, OPEX y otros indicadores asociados a la implementación de un electrolizador de 2.2 MWe. Para este caso, se ha escogido un elec-

trolizador modelo MC500 del fabricante NEL Hydrogen, cuyos antecedentes generales son:

- Potencia: 2.214 MWe
- H₂: 492 Nm³/h
: 137.5 Nm³/h — equivalente GN
: 213.2 l/h — equivalente GLP

Los consumos de energía eléctrica y agua, además de la producción de H₂, serán los detallados más abajo, considerando 8.000 horas de operación por año:

- Producción H₂: 3,936,000 Nm³/año
- Producción O₂: 2,796,800 Kg/año
- Consumo de EE: 17,712 MWh/año
- Consumo de agua: 3,542 m³/año

La inversión asociada sería de US\$ 5.000.000 y los costos de operación los siguientes:

- Energía eléctrica: US\$ 797,040.00 - 45 US\$/MWe
- Agua: US\$ 10,626.00 - 3 US\$/m³
- Operación y mantención: US\$ 100.000

Solo considerando estos costos y no el financiamiento de la inversión, el costo del H₂ será de 0,23 US\$/Nm³, equivalente a 22 US\$/MMBTU (precio referencial GLP y GNL = 18 US\$/MMBTU, en el norte de Chile).

USO EN CALDERAS

La utilización de H₂ en calderas, ya sea mezclándolo con GNL o GLP o bien usándolo

como combustible único, no es un inconveniente desde el punto de vista técnico. El problema está por el momento en los costos asociados (energía eléctrica) y la inversión.

Lo ideal es considerar la instalación de un electrolizador en la misma planta donde será consumido el H₂, evitando de esa manera los costos de compresión, traslado e inversión en estanques de almacenamiento.

El H₂ generado sería ocupado directamente en las calderas u hornos.

Lo anterior podría llegar a ser factible en un plazo mediano en el norte de Chile, donde la energía eléctrica tiene un mejor precio, especialmente para las compañías mineras.

COMENTARIOS FINALES

Respecto a la utilización de H₂ como combustible en calderas, reemplazando una parte o el total de los combustibles actuales (GNL y GLP), se puede señalar lo siguiente:

- Se requiere una reducción significativa (30%) del costo de la energía eléctrica para obtener un H₂ con un costo de 15 US\$/MMBTU, de manera de hacer viables estos proyectos.
- La alternativa más razonable para utilizar H₂ en calderas y hornos debiera considerar la generación del hidrógeno en el punto de utilización, evitando así gastos de compresión, almacenamiento y transporte.
- La utilización de H₂ mezclado con GNL o GLP puede realizarse sin problemas en quemadores convencionales hasta una proporción de 40%, tal como ocurría cuando se utilizaba gas de ciudad antes de la llegada del GN.
- El empleo de 100% de H₂ en calderas tampoco es un problema, ya que viene realizándose hace años en nuestras refineras de petróleo, donde se utiliza "gas de refinera" con un contenido de H₂ cercano al 100%. 

Planta de hidrógeno con membrana de intercambio de protones (PEM)

La electrólisis es el proceso de división de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno mediante electricidad. Sus insumos son solo agua de alimentación y la corriente suministrada al electrolizador.

