

EL ROL DEL HIDRÓGENO VERDE EN LA DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO Y LA POSIBLE GENERACIÓN DE EXCEDENTES EN LA ECONOMÍA DE BOLIVIA

Ing. Angel Zannier

1.- INTRODUCCIÓN

Las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), reunidas en París en su conferencia 21(COP 21), alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. Ese acuerdo, conocido como “Acuerdo de París”, tiene como objetivo central reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1.5 grados centígrados.

Se trata de un acuerdo que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia. Establece como principales objetivos:

1. Limitar el calentamiento Global a 2° C y lo más cercano a 1.5°C reduciendo las emisiones de Gases de efecto invernadero (GEI).
2. Aumentar la capacidad de los países de adaptarse a los efectos del cambio climático y construir sociedades resilientes, es decir, que puedan resistir esos efectos.
3. Promover la transición hacia economías bajas en carbono y hacia el desarrollo sostenible.

En la COP 24 llevada a cabo en la ciudad polaca de Katowice en 2018, el entonces canciller boliviano Diego Pary, pese a una inicial reticencia gubernamental de seguir participando en la CMNUCC, ratificó a nombre de Bolivia el Acuerdo de París, “considerando que el mismo representaba un consenso y un compromiso efectivo de todos los firmantes”. Es importante destacar, que los países signatarios del acuerdo, entre estos Bolivia, se han comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento medio de la temperatura global, respecto a los niveles preindustriales, a menos de 2°C, y lo más cerca posible a 1.5°C para finales de siglo.

El Acuerdo de París exige a todas las partes que hagan todo lo que esté a su alcance por medio de “contribuciones determinadas a nivel nacional” (NDC por sus siglas en inglés) y que redoblen sus esfuerzos en los próximos años. Esto incluye la obligación de que todas las partes informen periódicamente sobre sus emisiones y sobre sus esfuerzos de aplicación.

En el caso boliviano, es interesante destacar que nuestras autoridades han presentado como las “contribuciones determinadas a nivel nacional”

(https://parlamericas.org/uploads/documents/ESP_INDC.pdf) las siguientes:

COMPROMISOS DE MITIGACIÓN

- Incrementar las energías renovables al 79% para el 2030
- Incrementar la superficie de áreas (re)forestadas a 4.5 millones de hectáreas para el 2030
- Fortalecer la captura y almacenamiento de carbono, materia orgánica y fertilidad del suelo, conservación de la biodiversidad así tanto como la disponibilidad del agua

COMPROMISOS DE ADAPTACIÓN

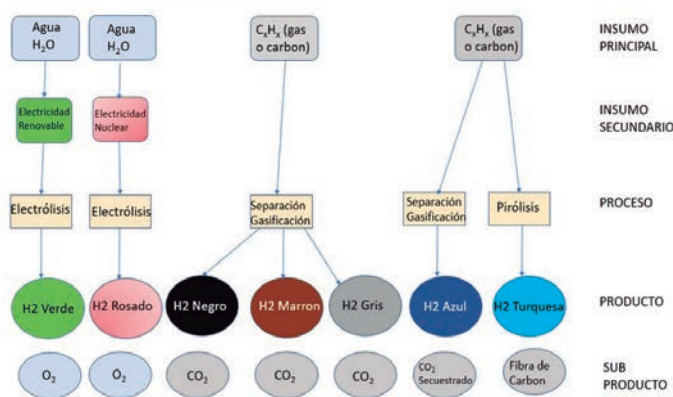
- Mejorar el almacenamiento del agua, entrega y servicios incluso mediante las prácticas de gestión comunitaria • Recuperar los suelos degradados, cubierta vegetal y bosques
- Modificar las prácticas de agricultura y ganadería para limitar los impactos climáticos e incrementar la producción alimenticia
- Instalar estaciones nacionales hidrometeorológicas, geológicas y sísmicas para mejorar los sistemas de alerta temprana.

Es así mismo interesante destacar que las mismas autoridades planteaban como uno de los “objetivos prioritarios del país” el “incrementar la capacidad de generación eléctrica a través del uso de energías renovables”.

Sin embargo, tales aseveraciones no conciben con lo que efectivamente ocurrió en los últimos años en el parque de generación del Sistema Interconectado

Tradicionalmente la producción del hidrógeno para los mencionados usos proviene de combustibles fósiles en procesos que emiten gases de efecto invernadero. Sin embargo, a partir del establecimiento de la CMNUCC, el posterior “Protocolo de Kioto” y el ahora “Acuerdo de Paris” destinados a encarar en forma efectiva el control del cambio climático vienen imponiéndose “energías renovables no convencionales” entre las que se cuenta, hoy en día el hidrógeno verde obtenido por el proceso de electrólisis del agua utilizando para el efecto electricidad proveniente de fuentes primarias de energía renovable como la hidráulica, solar o eólica.

Figura 1. EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HIDROGENO



La figura 1 anterior describe distintos procesos de obtención de hidrógeno y la forma como se los cataloga en la industria en general, según los insumos de los cuales proviene y según el proceso utilizado en su obtención.

Nótese que en todos los casos en los que el insumo principal es un hidrocarburo se producen emisiones de gases de efecto invernadero o en el caso del H2 Turquesa se obtiene carbón sólido. En el caso del hidrógeno azul, si bien se produce anhídrido carbónico, el mismo no es liberado a la atmósfera y es secuestrado por ejemplo en reservorios naturales como cavernas. El caso del hidrógeno gris, marrón o negro es el mismo y la diferencia es simplemente de los distintos niveles de gases de efecto invernadero (CO2) que cada proceso libera como subproducto.

El hidrógeno proveniente del proceso de electrólisis del agua tiene como subproducto oxígeno y no hay gases de efecto invernadero. Si la electricidad utilizada es de fuente renovable el hidrógeno es conocido como hidrógeno verde que es justamente el que nos ocupa como potencial combustible para descarbonizar en etapas el sector eléctrico boliviano y el que eventualmente podría generar excedentes importantes para la economía nacional.

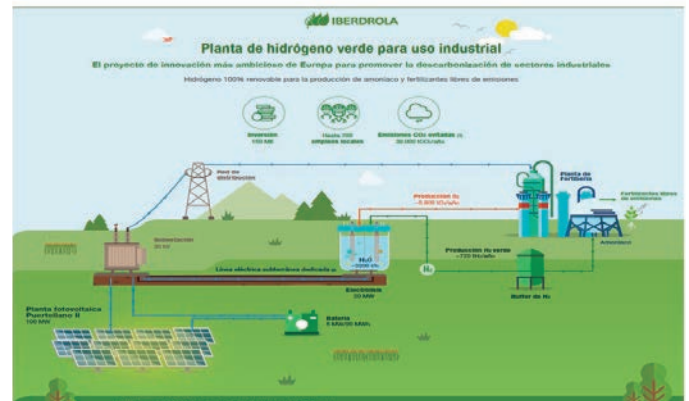
3.- LA POSIBLE DESCARBONIZACIÓN DE ALGUNOS SECTORES ECONÓMICOS UTILIZANDO HIDRÓGENO VERDE.

Para ver las posibilidades reales de descarbonizar el sector eléctrico nacional utilizando, por ejemplo, el hidrógeno verde y aprovechando al mismo tiempo la infraestructura existente, es importante ver ejemplos que ocurren en otras partes del mundo.

Arabia Saudita está construyendo una ciudad futurista denominada Neom en el desierto al norte del Mar Rojo al este de Egipto en el estrecho de Tiran. ¿Cuál será el combustible que alimente dicha ciudad? Ciertamente no será petróleo, la compañía norteamericana Air Products & Chemicals ha anunciado que está construyendo, para el efecto, una planta productora de hidrógeno verde alimentada con 4000 MW de energía fotovoltaica y eólica proveniente de proyectos erigidos en el desierto.

Iberdrola y Fertiberia han anunciado la construcción de un complejo destinado a demostrar que la descarbonización de varios sectores industriales es posible utilizando hidrógeno verde.

Figura 2. Planta de Hidrógeno Verde de Iberdrola y Fertiberia



La planta comenzará a producir amoníaco verde en su planta de fertilizantes de Puertollano a partir de 2021. Se prevé que la planta tendrá almacenaje de energía tanto en forma de electricidad en un banco de acumuladores de 5 MW/20 Mwh como en un buffer de H2 destinado a almacenar dicho combustible. Se producirán 4000 TM anuales de amoníaco verde (un 2% de la capacidad actual de la planta de fertilizantes convencionales de Fertiberia). El oxígeno producido en el proceso de electrólisis será utilizado como insumo en la producción de ácido nítrico.

El proyecto Intermountain Power Project - IPP, ubicado en el estado de Utah, posibilitará que el año 2045 la ciudad de Los Angeles en California disponga de electricidad, limpia, totalmente descarbonizada y confiable. Para el efecto convertirán una antigua

planta de generación de electricidad en base a carbón de 1800 MW de capacidad, localizada en Utah, en una planta de ciclo combinado de gas natural que operará con hidrógeno verde con una capacidad de 800 MW operando solo con hidrógeno, o 1200 MW operando solo con Gas Natural. La planta contará una batería de electrolizadores que operarán con energía renovable contratada de varias fuentes como hidroelectricidad desde Canadá de las compañías BC Hydro y Manitoba Hydro, fuente eólica de varios productores independientes del centro de los EE. UU., energía solar de productores independientes de California y Energía Geotérmica de productores de Utah. Para comprar esa energía destinada a producir el hidrógeno verde se reacondicionarán circuitos de transporte tanto en CC como en CA. El Hidrógeno Verde producido será almacenado en una formación geológica subterránea salina con las características de estanqueidad y sello requeridas. Las turbinas de gas comenzaran a operar con gas natural mezclado con un 20% de hidrógeno verde el año 2026. Esa mezcla irá variando hasta que el año 2040 las plantas de ciclo combinado operarán 100% con hidrógeno verde. El transporte de la electricidad renovable, producida con hidrógeno verde en Utah hasta la ciudad de Los Angeles se realizará vía circuitos de CA.

desechar tales afirmaciones, baste ver los ingentes recursos invertidos en tales instalaciones.

Figura 4 Inversiones realizadas en ENDE ANDINA en el periodo 2010 -2019



La anterior Figura 4, corresponde a una presentación realizada por ejecutivos de ENDE Andina en un evento sectorial, donde se puede apreciar los montos de inversión realizados en los distintos emplazamientos de la empresa en turbinas marca Siemens de tecnología moderna que bajo ningún punto de vista podrían ser desestimadas.

Más aún si se tiene en cuenta que en Europa se ha formado el grupo EU Turbines con el objetivo de que los fabricantes europeos puedan ajustar sus unidades para lograr una transición hacia la generación eléctrica renovable ya sea utilizando hidrógeno verde o metanol sintético en plazos compatibles con los acuerdos internacionales para lograr la descarbonización del sector eléctrico. En ese marco el fabricante Siemens, proveedor del grueso de las unidades de ciclo combinado del sector eléctrico boliviano ha participado de dichos compromisos.

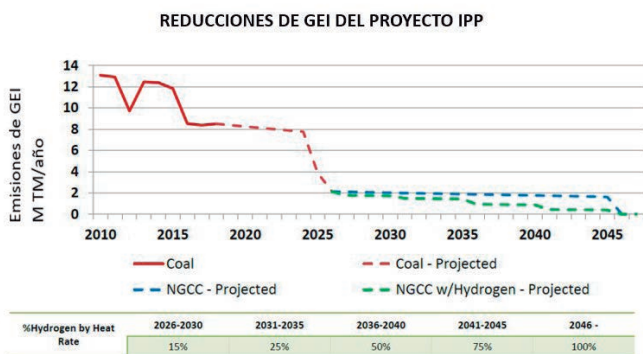


Figura 3. Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del Proyecto Intermountain Power Project localizado en Utah para abastecer de electricidad a la ciudad de Los Angeles en California

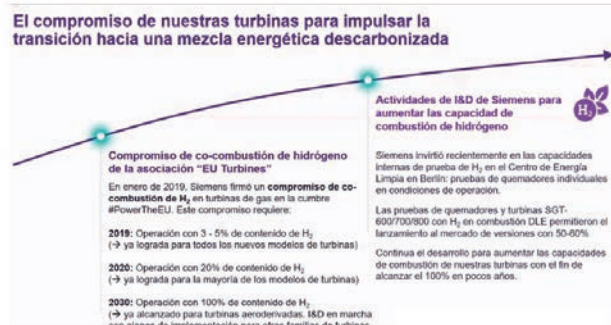


Figura 5 Objetivos de la fábrica Siemens para ajustar sus unidades hacia la transición energética descarbonizada en el marco de "EU Turbines"

4.- POSIBLE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO BOLIVIANO.

Con los ejemplos anteriormente vistos y teniendo en cuenta la infraestructura existente en el sector eléctrico nacional, es posible concebir, al menos conceptualmente, una estrategia de descarbonización de dicho sector en un plazo de tiempo compatible con los compromisos internacionales y con la cruzada internacional contra el cambio climático.

Algunos críticos estiman que debiera desestimarse las inversiones realizadas en plantas de generación de ciclo combinado en base a gas natural, a efectos de lograr la descarbonización del sector eléctrico boliviano. Para

En vista de lo anterior y en la medida que se puedan instalar productores de hidrógeno verde en Bolivia, con los ajustes necesarios para las unidades de ciclo combinado en base a gas natural, se podría plantear un plan paulatino de descarbonización del sector eléctrico boliviano vía la incorporación gradual de hidrógeno verde, en forma similar a lo planteado en el proyecto Intermountain Power Project ya visto anteriormente.

5.- LA GENERACIÓN DE EXCEDENTES PARA LA ECONOMÍA NACIONAL MEDIANTE UNA ESTRATEGIA DEL HIDRÓGENO VERDE.

Es importante poder tener una idea del negocio del hidrógeno verde en el mundo y su potencial comercialización para pensar o no en una estrategia nacional de dicho combustible. Según el Dr John Massey de Grey Cells Energy, el consumo actual de Hidrógeno está resumido en la siguiente tabla 3.

Tabla 3
Demanda global de Hidrógeno (año 2020)

	Demanda (MTM/año)	Acumulada (M TM/año)	Puro o mezclado
Otros usos	34	122	H ₂ mezclado
Como reductor directo para la fabricación de Acero	3	88	H ₂ mezclado
Metanol y Combustibles Sintéticos	10	85	H ₂ mezclado
Otros	3	75	H ₂ puro
Plantas de Fertilizantes	34	72	H ₂ puro
Refinerías	38	38	H ₂ puro

Mayoritariamente se trata de Hidrógeno convencional (H₂ gris) derivado de combustibles fósiles cuya utilización es industrial (química) y tal demanda no se refiere a aplicaciones energéticas. Nótese que la simple sustitución del hidrógeno gris utilizado en forma pura, por hidrógeno verde según datos del año 2020 supondría un mercado de 75 M TM/año.

Es interesante ver, en los últimos años y seguramente en muchos casos como consecuencia de los compromisos emergentes del Acuerdo de Paris, que distintos países del mundo incorporan el Hidrógeno y particularmente el hidrógeno verde en sus estrategias energéticas y en sus estrategias de descarbonizar sus economías. No se trata de pensar que el Hidrógeno verde es el petróleo de mañana o que sustituirá otras iniciativas tan importantes como la de incrementar la capacidad de los acumuladores (baterías) y generar opciones de almacenamiento de energía. Sin embargo, parece que estamos frente a una alternativa complementaria que puede generar importantes ingresos a futuro.

En Sudamérica países como Uruguay y Chile ya cuentan con una estrategia definida al respecto. Paraguay y Argentina se encuentran en fases de avance de sus respectivas estrategias, lo mismo que Colombia y Brasil.

A guisa de ejemplo vale la pena analizar algunas características de la estrategia chilena sobre el hidrógeno verde.

Basados en las importantes posibilidades chilenas de disponer de energía fotovoltaica en el norte del país y de energía eólica en el sur del país, han desarrollado una estrategia sobre hidrógeno verde cuya ruta está descrita en la figura 6 siguiente:

Dicha estrategia prevé los resultados, en términos

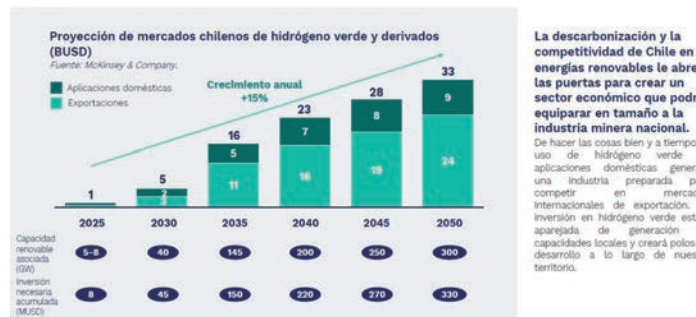
Figura 6 Estrategia Chilena de Hidrógeno Verde



económicos descritos en la figura 7 siguiente:

Nótese que el vecino país pretende generar una industria verde, tanto para sustitución interna del amoníaco

Figura 7



consumido actualmente en su sector industrial como para nuevas aplicaciones y fundamentalmente dedicada a la exportación y generación de excedentes. La magnitud de tales exportaciones de acuerdo con sus estimaciones sería de US\$ 24,000 millones anuales el año 2050.

Dadas las reales posibilidades de montar una importante industria fotovoltaica en el altiplano boliviano, dados los ingentes recursos eólicos e hidroeléctricos existentes en el país, dados proyectos renovables ya contratados vía la cooperación internacional como la planta geotérmica de Laguna Colorada, nuestro país puede encarar en términos objetivos una estrategia del hidrógeno verde. Dicha estrategia debería apuntar a descarbonizar el sector eléctrico como se mencionó precedentemente. Debería así mismo apuntar a descarbonizar las refinerías nacionales, apoyar en la descarbonización del sector transporte, sobre todo pesado, ferroviario y de aviación. En este último caso vía la generación de combustibles sintéticos verdes que sustituyan a los combustibles fósiles. Pero a su vez debería pensarse en una industria de exportación de energía verde al mundo. En una primera etapa podría

pensarse en reacondicionar el oleoducto Sica- Sica Arica para convertirlo en un ducto de transporte de hidrógeno gaseoso (como los miles de km que existen en diversas latitudes del mundo) y montar una planta de licuefacción de hidrógeno en Arica para exportar energía verde boliviana al mundo en forma de hidrógeno líquido. En una segunda etapa podría construirse un ducto de transporte de hidrógeno gaseoso a Ilo donde en la franja de “Bolivia Mar” se podrían construir una planta de amoniaco verde, una planta de licuefacción de hidrógeno y una planta de “hidrogenación (proceso de mezcla de hidrógeno gaseoso con tolueno para formar metil-ciclohexano)” y disponer las tres formas de compuestos de hidrógeno que los barcos de transporte disponen hoy, para así poder exportar energía verde boliviana al mundo.

de otras tecnologías de descarbonización como la electro-movilidad y la tecnología cada vez más optimizada de los acumuladores eléctricos (baterías).

Así mismo a manera de recomendación se puede concluir que:

- e) Urge una definición de una estrategia nacional del hidrógeno verde para la cual debe convocarse a un panel multidisciplinario y representativo para hacer una propuesta que después de una aprobación social se convierta en una Política de Estado. En su ejecución deberá haber espacio para los sectores público, privado y social, pues será entre todos que se pueda asegurar el futuro salario de los bolivianos.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente artículo el autor ha pretendido mostrar que:

- a) No se podrán cumplir las NDC (Contribuciones determinadas a nivel nacional) de el Acuerdo de París particularmente las relativas a tener un 79% de capacidad instalada de fuente renovable en el sistema eléctrico nacional para el año 2030.
- b) Al margen del compromiso formal, sería importante tender a la descarbonización del sector eléctrico, no solo por contribuir en la cruzada global contra el calentamiento global; el descarbonizar el sector eléctrico vía la sustitución de gas natural por hidrógeno verde liberará un combustible fósil cuya demanda hoy existe y cuya demanda habrá de disminuir si los países vecinos apuestan por la descarbonización de sus respectivas economías. En el caso extremo los precios del combustible fósil apuntarán hacia la baja y por tanto es preferible monetizar hoy las existencias cuyo volumen hace muchos años que no se incrementa.
- c) El hidrógeno verde se viene imponiendo en el mundo como una alternativa no contaminante de ayudar a la descarbonización de la economía mundial. Los grandes demandantes no darán abasto a su demanda interna y se abren perspectivas muy importantes para quienes quieran posicionarse en forma temprana en ese mercado.
- d) El hidrógeno verde tendrá varios nichos de mercado, energía, transporte, fertilizantes, refinerías, siderurgia, combustibles sintéticos verdes para la aviación, pero no será sustituto sino complemento

ANGEL ZANNIER



Estudió en la Universidad Nacional de La Plata en la República Argentina, donde se graduó como Ingeniero Electricista.

Realizó estudios de Post Grado en Londres Inglaterra, donde obtuvo un Diploma en Ingeniería Eléctrica en el Queen Mary College y el título de Master of Science de la Universidad de Londres. Ha obtenido un Diplomado en Cuadro de Mando Integral y Gestión Estratégica de la Universidad Católica Boliviana San Pablo de La Paz Bolivia.

Ha ejercido la Cátedra Universitaria en varias universidades siendo actualmente docente en la “Maestría en Ingeniería Eléctrica” de la UMSA.

Fue Ministro de Energía e Hidrocarburos y ha sido Embajador Extraordinario y Plenipotenciario de Bolivia ante la República Federativa del Brasil.

En 1996, fundó y desde entonces es accionista de Hidroeléctrica Boliviana S.A. (HB), donde desarrolló el aprovechamiento hidroeléctrico del Río Taquesí. Dicho aprovechamiento está en operación desde Junio de 2002 y aporta 90 MW y 320 Gwh anuales al Sistema Interconectado Nacional de Bolivia.

En Perú fundó la empresa Andean Power S.A.C. para desarrollar los proyectos hidroeléctricos de Carhuac y Pallca. El proyecto de Carhuac entró en operación en Noviembre de 2018 aportando 20 MW y aproximadamente 110 Gwh anuales al Sistema Eléctrico Nacional de dicho país.

Ha participado en múltiples asociaciones y grupos de acción en variados temas: - fue director de “Energy & Conservation” de Bloomfield New Jersey promoviendo el combate a la pobreza desde el sector energía, - fue Presidente de “Bocier” el año 2010 organización destinada a promover la integración energética en la región latinoamericana, - es Presidente de la “Fundación Nuevo Norte” donde impulsa la incorporación de energías renovables en el departamento de La Paz Bolivia y actualmente - es miembro de “World Hydrogen Leaders” una asociación basada en Londres Inglaterra de cobertura mundial que reúne a quienes desde la industria, academia, banca y sociedad civil impulsan la transición energética hacia una economía descarbonizada.