



## Producción de gas de síntesis de gas natural para la reducción de minerales de hierro

**INVESTIGADOR:** Lucio Alejo Espinoza

**UNIDAD:** Instituto de Investigación de la Fac. de Ciencias y Tecnología

**CENTRO/LABORATORIO:** Centro de Tecnología Agroindustrial (CTA)

### RESUMEN

En Centro de Tecnología Agroindustrial de la UMSS tiene un proceso tecnológico que permite la producción de gas de síntesis (*Hidrógeno + Monóxido de Carbono*) utilizando gas natural por medio de una reacción química denominada "Reformado Seco", la ecuación estequiométrica es como sigue:  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ . La producción de monóxido de carbono e hidrógeno permite la reducción de minerales como los óxidos de hierro. La ventaja radica en la utilización de gases del efecto invernadero ( $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ) para convertir en gases reductores ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ) por medio de catálisis heterogénea para la reducción de minerales de hierro. Los productos obtenidos podrían utilizarse en el campo de la pirometalurgia (Empresas Fundidoras).

### ABSTRACT

The Agroindustrial Technology Center of the UMSS has a technological process that allows the production of synthesis gas (Hydrogen + Carbon Monoxide) using natural gas through a chemical reaction called "Dry Reforming", the stoichiometric equation is as follows:  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ . The production of carbon monoxide and hydrogen allows the reduction of minerals such as iron oxides. The advantage lies in the use of greenhouse gases ( $\text{CH}_4$  and  $\text{CO}_2$ ) to convert into reducing gases ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ) through heterogeneous catalysis for the reduction of iron minerals. The products obtained could be used in the field of pyrometallurgy (Foundry Companies).



## Descripción y características fundamentales

Para lograr el objetivo general propuesto fue necesario Diseñar, Construir y Poner en marcha un equipo experimental tanto de reacción química en fase heterogénea "**Reactor de Lecho Fijo**" como un "**Reactor de Reducción de minerales**". La preparación de catalizadores basados en Níquel soportados en estructuras tipo Espinela ( $\text{Ni/MgAl}_2\text{O}_4$ ) con una concentración del orden del 10% (p/p) permitió una elevada reacción y selectividad química para la producción de gas de síntesis la misma fue utilizada para la reducción de minerales de hierro principalmente hematita y magnetita del yacimiento "Mutún" del departamento de Santa Cruz y Changolla del departamento de Cochabamba.

Un aspecto importante del equipo construido es que se cuenta con manuales de operaciones tanto del sistema de reacción como de reducción asimismo equipos auxiliares como: cromatógrafo de gases, pastillador de catalizadores y sistemas de carga y descarga de gas natural a cilindros de alta presión.

Los resultados de reacción catalítica del gas natural con dióxido de carbono y los trabajos de reducción de minerales tuvieron relativo éxito, debido a que faltó complementar el proceso mencionado con la fundición de los minerales reducidos utilizando equipos como los hornos de inducción y/o grafito para obtener lingotes de hierro.

Si bien se ha logrado con los objetivos del trabajo de investigación planteado, éste trabajo debió ser difundido en instituciones del sistema universitario Boliviano para continuar con los trabajos de investigación a través de convenios interinstitucionales como es el caso de la Carrera de Ingeniería Metalúrgica de la UTO donde se dispone de infraestructura básica para realizar trabajos de pirometalurgia en hornos inductivos.

## Aspectos Innovadores

Se ha evidenciado que la reacción química del gas natural a través del reformado seco puede desarrollarse a presión atmosférica comparado con los procesos como el Reformado de Metano con Vapor de Agua que requiere presiones superiores a 10 atm y temperatura superiores a 800°C. La Oxidación Parcial de Metano requiere un control estricto de la variable temperatura ya que constituye una reacción muy exotérmica.

El "Reformado Seco de Metano" al ser un proceso que demanda baja presión, ésta podría llevarse a cabo utilizando directamente el gas domiciliario "baja presión", bastará someterlo a un proceso de eliminación de compuestos azufrados como son los mercaptanos utilizando columnas de carbón activado y proseguir con la reacción catalítica tal como se expuso líneas arriba. Un aspecto innovador del proceso es que no requiere almacenar los productos obtenidos del reformado seco como es el hidrógeno y el Monóxido de Carbono ya que pueden utilizarse directamente sobre los lechos de minerales de hierro u otros minerales como el Óxido de Bismuto.

## Grado de desarrollo de la tecnología

El grado de desarrollo del proceso tecnológico precisa desarrollo externo y desarrollo interno con financiamiento interno con un tiempo adicional requerido de aproximadamente un año. Este proceso se encuentra a una escala de laboratorio y requiere un financiamiento adicional de 50 000 dólares americanos.

## Ventajas competitivas

En el Departamento de Cochabamba existe un yacimiento minero de hierro denominado "Changolla" a diferencia del Mutún la composición del mineral es la Siderita "Carbonato de Hierro", generalmente los carbonatos pueden ser transformados en óxido y dióxido de carbono acorde a la siguiente reacción ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{FeO} + \text{CO}_2$ ) a temperaturas inferiores a los 400°C. La generación de  $\text{CO}_2$  de éste proceso en conjunción con el gas natural ( $\text{CH}_4$ ) en un reactor catalítico (Reformado seco) permitiría para la producción de gas de síntesis entonces recircularlo por el mismo lecho descarbonatado (Óxidos de hierro, FeO) para finalmente obtener el hierro esponja,  $\text{Fe}^0$ . A nivel local existe suficiente experiencia en procesos de descarbonatación tal el caso de la producción de "Cal viva" (CaO) a partir de Carbonato de Calcio ( $\text{Ca}_2\text{CO}_3$ ).

El Reformado Seco también es llamado también "Reformado ecológico" ya que utiliza dos gases del efecto invernadero como son el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CH}_4$  y las condiciones de reacción química son más favorables comparado con los otros procesos como el reformado con vapor de agua y la oxidación parcial ya que ésta últimas demandan equipos más robustos, de control por tanto costos elevados.

La viabilidad técnica del reformado del metano con dióxido de carbono a una escala mayor permitiría la introducción de un nuevo campo en el Departamento de Cochabamba como es la "Siderurgia". En Bolivia aún se sigue importando hierro de los países vecinos no obstante que se dispone de grandes Yacimientos de hierro como es Mutún-Santa Cruz y Changolla-Cochabamba asimismo gas natural en la Zona de Carrasco (Chapare) y otros Megacampos situados en el Chaco Boliviano.

## Tipo de asociación que busca

El desarrollo tecnológico para la producción de gas de síntesis de metano podría ingresar en una etapa de producción mayor como es la "Planta Piloto" ya que se dispone de experiencia básica como es la construcción de reactores de lecho fijo, preparación de catalizadores, reactores de reducción y manejo de técnicas analíticas.

Posteriormente producir no solo hierro esponja a nivel local sino también lingotes arrabio y palanquilla para iniciar actividades de Siderurgia en el Departamento de Cochabamba. Este proceso es también de interés para empresas fundidoras dedicadas a la recuperación de chatarra de hierro.



**Proyecto:** Utilización del gas natural de petróleo para la obtención de hidrógeno mediante el reformado seco "Dry Reforming" destinado a la reducción de minerales bolivianos

**Financiador:** Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (ASDI)

**Otras unidades de investigación:**

- Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental