



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT

Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

CONACYT

LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Modelado de la etapa de hidrólisis para la producción de hidrogeno con CeO2 utilizando energía solar concentrada

Author: Alejandro Pacheco-Reyes

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 17

Mail: alex-cr7alfe@hotmail.com
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

Contenido.

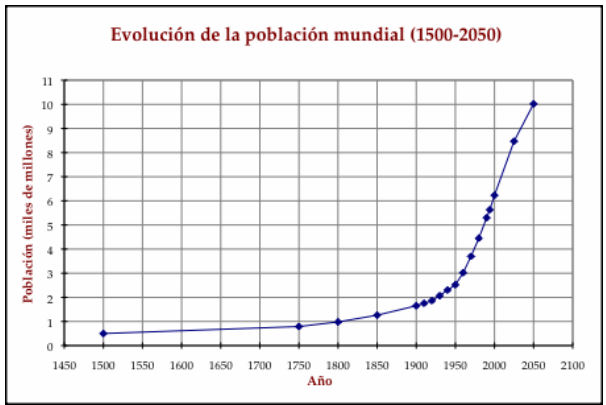
- 1.- Introducción.
- 2.- Metodología.
 - Descripción general del proceso.
 - Descripción del reactor solar.
 - Descripción del sistema de concentración.
 - Primer etapa del proceso de producción de hidrógeno.
 - Modelado de la etapa de hidrólisis.
- 3.- Resultados.
- 4.- Referencias bibliográficas.



Introducción.

Debido al incremento exponencial que ha tenido la población mundial en los últimos años, la demanda en las necesidades básicas es tema de gran importancia en la actualidad.

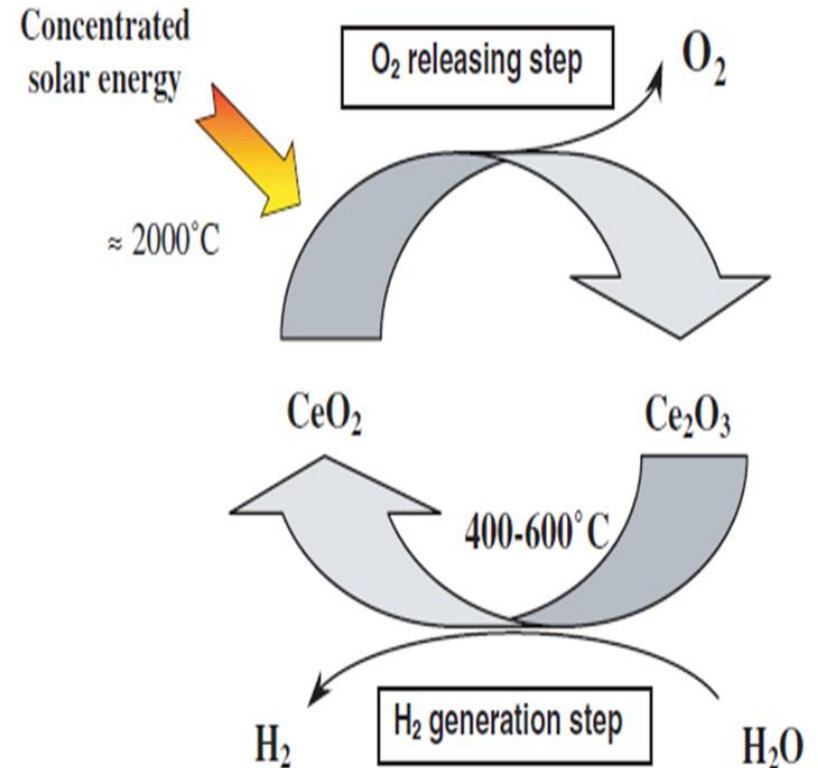
Es sumamente importante buscar recursos y procesos que satisfagan nuestras necesidades energéticas, que sean amigables con el medio ambiente, para evitar el uso de energía que podría significar un rezago en el desarrollo de la sociedad.



Proceso General.

Los ciclos termoquímicos son procesos que permiten obtener hidrógeno y oxígeno mediante reacciones conducidas térmicamente que producen la descomposición de la molécula de agua.

El ciclo termoquímico del dióxido de cerio se lleva a cabo en dos etapas; la etapa de reducción donde el dióxido de cerio se descompone endotérmicamente en Ce_2O_3 , y la etapa de hidrólisis donde el oxido de cerio reducido se combina con vapor de agua (H_2O), para obtener el Hidrógeno y regresar al oxido original.

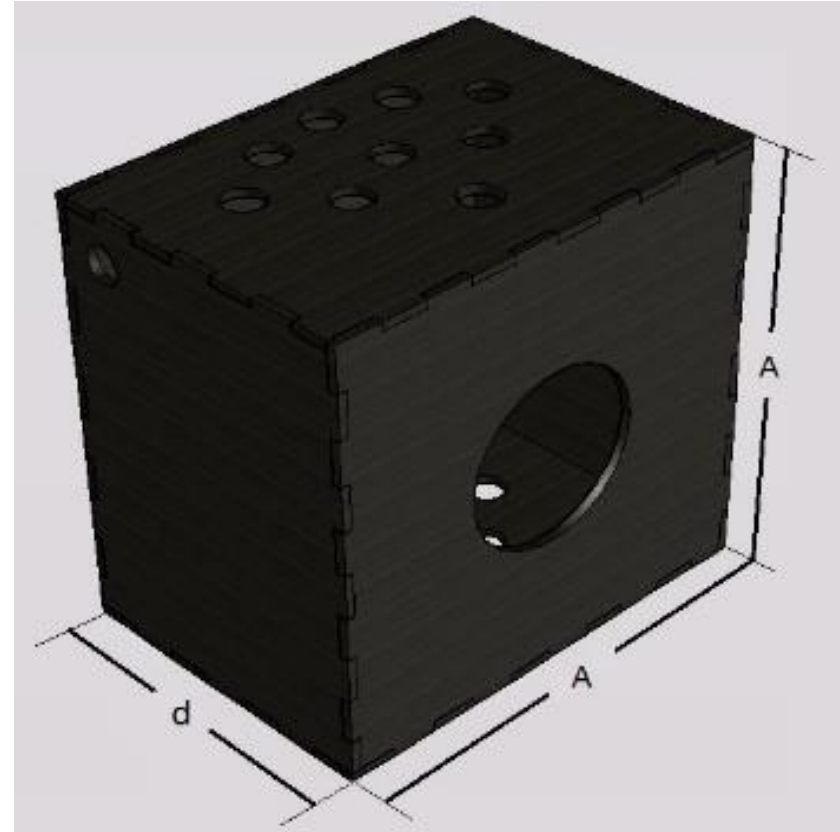


Descripción del reactor solar

El reactor solar es el receptáculo que contendrá todo el proceso termoquímico.

El prototipo consiste en una cavidad de fibra de grafito aislada térmicamente, en cuyo interior se alojan nueve tubos de tungsteno arreglados de manera piramidal con respecto al punto focal.

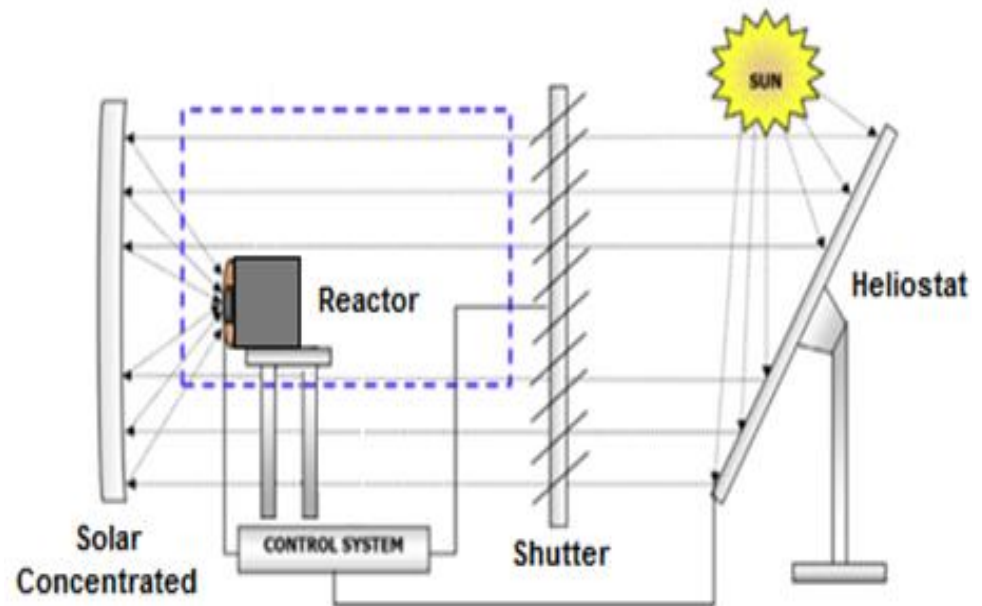
En el punto focal se concentra la energía solar reflejada por un horno solar de alto flujo radiactivo.



Descripción del sistema de concentración

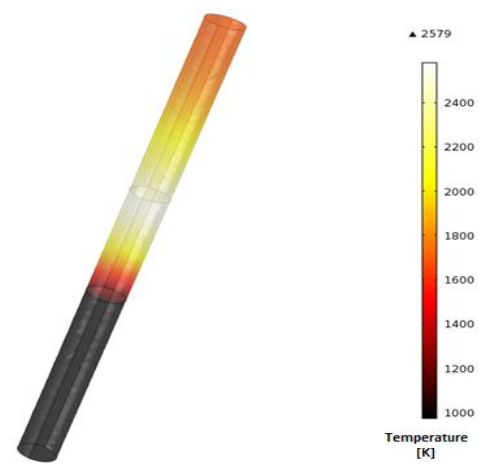
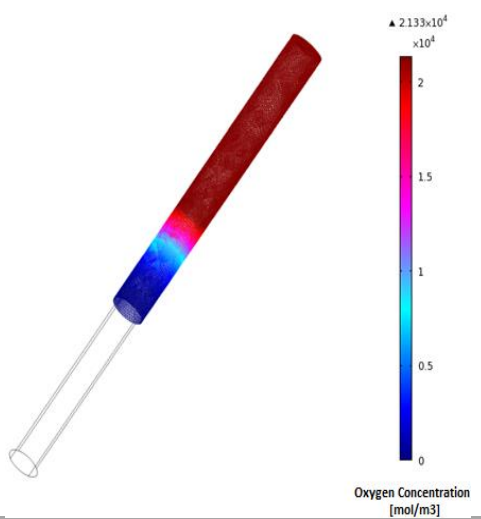
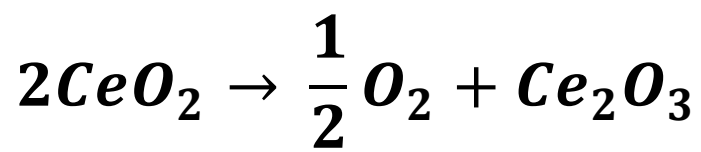
El sistema de concentración de energía (horno de alto flujo radiativo) es de una potencia aproximada a 18 KW y está constituido por 4 elementos principalmente:

- 1.-Heliostato.
- 2.-Atenuador.
- 3.-Concentrador solar.
- 4.-Reactor termoquímico.



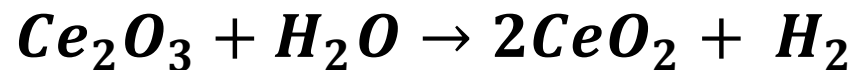
Primer etapa del proceso de producción de hidrógeno

El ciclo termoquímico de óxido de cerio CeO₂ para la producción de hidrogeno se lleva a cabo en 2 etapas. En la primer etapa al reactivo se le hace incidir energía en forma de calor con la finalidad de elevar su temperatura hasta lograr la reducción del óxido de cerio con liberación de oxígeno, aproximadamente a 2000°C.



Modelado de la etapa de hidrólisis

La hidrólisis es la etapa del proceso donde se genera el hidrogeno a través de una reacción de oxidación química la cual se lleva a cabo a temperaturas aproximadas a los 600°C. El óxido reducido de la primer etapa se combina con agua en forma de vapor que al entrar en contacto con el óxido reducido libera hidrogeno y regenera el óxido original.



Modelado Matemático

Para modelar matemáticamente el proceso de hidrolisis dentro del tubo se aplicaron las ecuaciones de transferencia de calor y masa, considerando los fenómenos de convección y difusión, así como la mecánica de fluidos.

Transferencia de calor.

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) T \right) = -(\nabla \cdot \mathbf{q}) + \boldsymbol{\tau} : \mathbf{S} - \frac{T}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} \quad p \left(\frac{\partial p}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) p \right) + Q$$

Dónde:

ρ : densidad (Kg/m³)

C_p : calor específico (J/(kg·K))

T temperatura (K)

U: vector velocidad (m/s)

q : es el flux de calor por conducción (W/m²)

p : presión (pa)

τ : Tensión viscosa (pa)

S : esfuerzo de tención de velocidad (1/s)

Q : potencia por unidad de volumen (w/m³)

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2} (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)$$

Convección y difusión.

$$\delta_{ts} \frac{\partial c}{\partial t} + \nabla \cdot (-D \nabla c) = R$$

Dónde:

C: Concentración.

D: coeficiente de difusión.

R: es la velocidad de reacción.

Mecánica de fluidos.

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} - \nabla \cdot (\eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)) + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} + \nabla p = \mathbf{F}$$

Dónde:

η : Viscosidad dinámica.

ρ : Es la densidad.

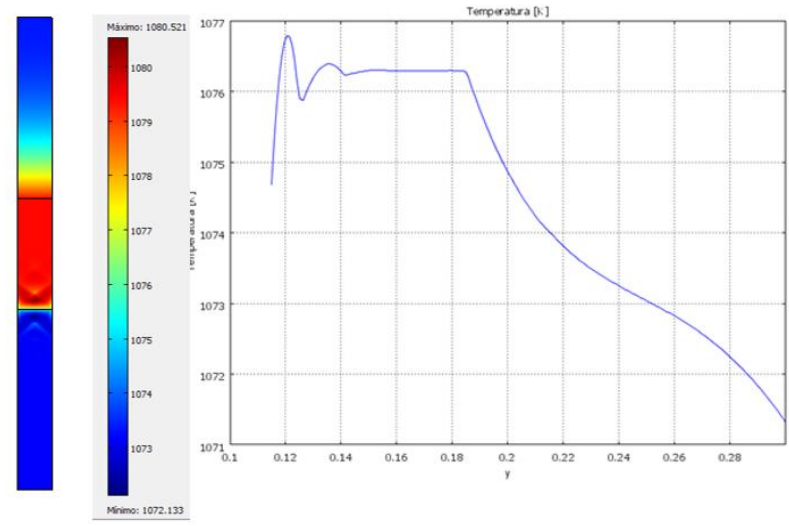
\mathbf{u} : campo de velocidad

p : presión

\mathbf{F} : Campo de fuerza tal como la gravedad

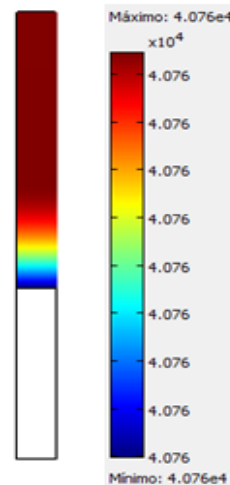
Resultados

En base a la simulación se obtuvo que en la etapa de hidrólisis las máximas temperaturas que se alcanzan son de 1081 K, debido a que esta reacción es exotérmica. Según la literatura se desprende 125KJ/mol de energía lo cual se ve reflejado en el incremento de temperatura.



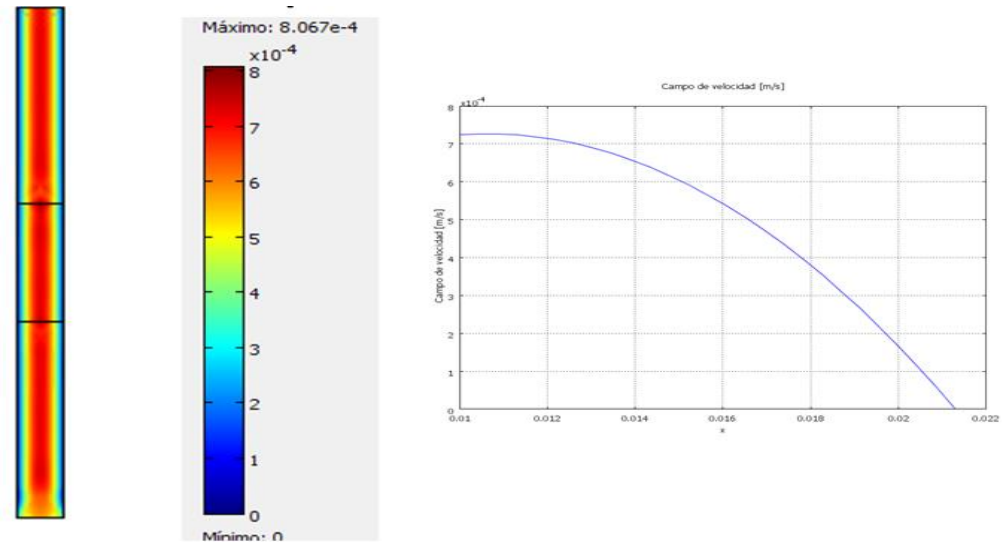
Resultados.

En la etapa de reducción se puede observar que por cada dos moles de óxido de cerio se genera uno de óxido de cerio reducido, pudiendo inferir que se tiene una relación 1:1 con el vapor de agua, por lo que tendríamos 2 moles de hidrogeno. A partir del modelo basándonos en la cantidad de reactivo que se tiene contenido en el tubo, se estima que la mayor concentración de hidrogeno es de 4.03 mol/m³.



Resultados.

El vapor de agua debe entrar al tubo con la velocidad adecuada para llevar a cabo la reacción de hidrólisis. Se estima que esta velocidad es aproximadamente de 5.83×10^{-4} m/s, y el modelo de campo de velocidades permite conocer su comportamiento cuando el vapor de agua está en contacto con el medio poroso (oxido reducido).



Conclusiones.

- Al llevarse a cabo la etapa de hidrólisis, la distribución de temperaturas a lo largo del tubo tiene una diferencia no mayor a 7°C , lo cual no afecta a los materiales del sistema.
- El campo de velocidades dentro del sistema se comporta de manera estable aun en presencia del medio poroso.
- La mayor concentración de hidrogeno dentro del tubo es aproximadamente la obtenida del balance de masa, partiendo de las ecuaciones generales del proceso.
- La calidad de la producción de hidrogeno depende principalmente de la masa y el rango de reducción del óxido. Este proceso produce hidrogeno puro que no contiene ningún residuo de carbono.

Conclusiones.

- Cabe mencionar que el modelado presentado en este trabajo se realizó de manera independiente, a la estructura externa del reactor solar, para el proceso termoquímico que se llevará a cabo en su interior.
- Los resultados del modelo son satisfactorios ya que en general cualitativamente se comportan de forma acertada. Sin embargo un acoplamiento a futuro con el modelo externo del reactor permitirá tener una idea más precisa del comportamiento global del sistema, pero para ello hace falta ajustar algunos parámetros de los modelos a datos experimentales.
- Para validar el modelo CFD se espera tener valores experimentales con que cotejar los resultados.

Referencias.

- * Glatzmaier, G., Blake, D., Showalter, S., (1993), “Assessment of Methods for Hydrogen production using Concentrated Solar Energy”. NREL/TP-570-23629.
- * Hino, R., Haga, K., Aita, H., and Sekita, K., (2004), “R&D on hydrogen production by high temperature electrolysis of steam”. Nuclear Engineering and Design.
- * Linares-Hurtado, J.I. y Moratilla-Soria, B.Y., (2007); “El Hidrógeno y la Energía”, Colección: Avances de Ingeniería - Análisis de situación y prospectiva de nuevas tecnologías energéticas, Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI, Reina, 33. 28004 Madrid, España.
- * Valle-Hernández, J. Lopez-Perez, P., (2013), Estimation of Efficiency in the Hydrogen Production with Concentrated Solar Power.
- * Al-Shankiti, F. Al-Otaibi y Al-Salik •H. Idriss (2013), Solar Thermal Hydrogen Production from Water over Modified CeO₂ Materials.
- * Ste´phane Abanades , Gilles Flamant (2005), Thermochemical hydrogen production from a two-step solar-driven water-splitting cycle based on cerium oxides.
- * Hiroshi Kaneko, Takao Miura, Akinori Fuse, Hideyuki Ishihara, Shunpei Taku, Hiroaki Fukuzumi, Yuuki Naganuma, y Yutaka Tamaura, (2006), Rotary-Type Solar Reactor for Solar Hydrogen
- * Valle Hernández J, Castillo Jiménez V.y López Arroyo M (2015), modelado y simulación de un proceso de un proceso para la producción de hidrógeno a partir de la descomposición termoquímica del óxido de cerio con energía solar concentrada.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)