



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

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

Title: Diseño y construcción de un sistema de humidificación para un banco de celdas de combustible PEM

Author: Jesús Hazael García-Gallegos

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

Pages: 17

Mail: j_hazael@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			

INDICE

1. Introducción
2. Antecedentes
3. Hipótesis
4. Objetivos
5. Metodología
6. Resultados
7. Conclusiones

Introducción



INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
(Área Calidad y Ahorro de Energía)

¿QUÉ HACER?
Es un profesionalista que contribuye al uso eficiente de la energía, al dirigir proyectos viables y eficaces de ahorro y calidad de la energía, para un uso racional y aprovechamiento eficiente de la misma, con base en un diagnóstico energético del sistema, que contribuya al desarrollo sustentable. Asimismo, participe en la evaluación de proyectos de ingeniería para la utilización de recursos renovables, con el objetivo de proponer razones y soluciones en los procesos, de manera sustentable.

¿DÓNDE SE DESEMPEÑAN?
En empresas e instituciones públicas que requieren asistencia en el desarrollo de estrategias relacionados con el uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de energías renovables.

Además pueden desempeñarse de manera independiente mediante la integración de empresas orientadas a la consultoría en ahorro de energía.

AVANCE TECNOLÓGICO DE VANGUARDIA
La Universidad ofrece instalaciones y equipamiento actualizado, así como personal docente altamente capacitado para brindar la mejor preparación profesional, preparadas con un docente y miembros del Sistema Nacional de Investigadores, (SNI).

CONTINUIDAD DE ESTUDIOS
Al terminar pueden estudiar la Ingeniería en Energías Renovables en 5 semestres más, en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río.



¡Transformando Vidas!



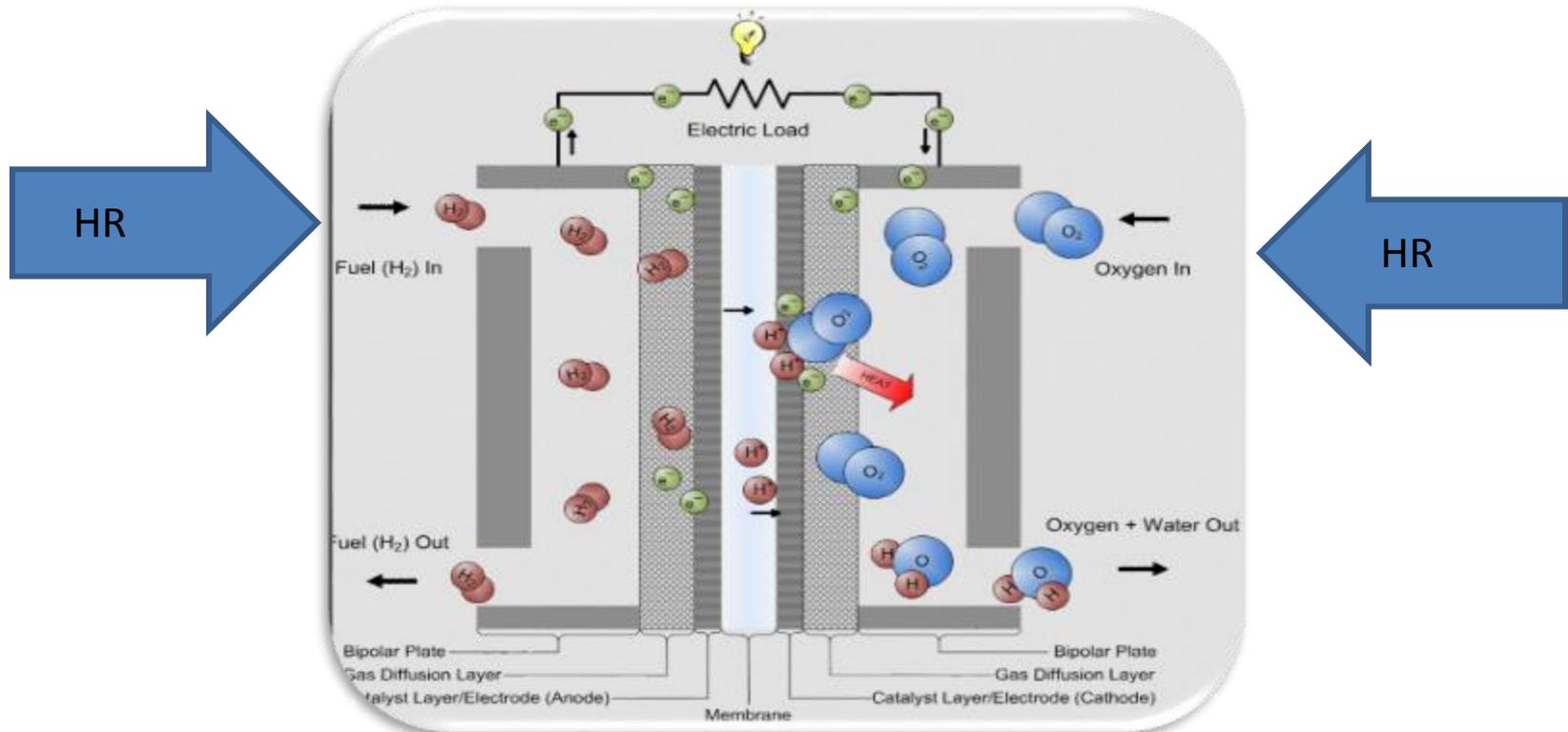
Antecedentes.

¿Qué es una celda de combustible?

Las celdas de combustible son dispositivos que convierten en forma directa la energía química de los reactantes (un combustible y un oxidante) en energía eléctrica

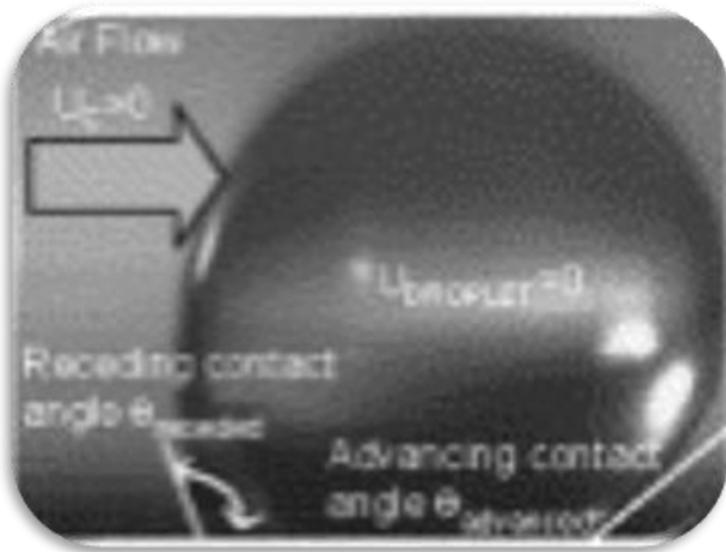
Antecedentes.

Como esta compuesta una Celda de Combustible:



Referencia: [What is a PEM Fuel Cell Made of?](#), [International Association for Hydrogen Energy](#), [Oakland University](#)

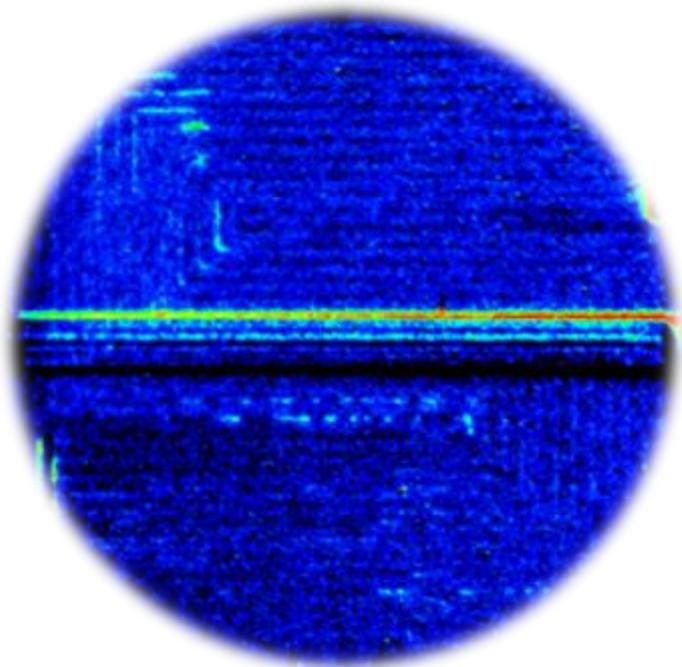
Antecedentes.



Liu demostró que la acumulación de columnas de agua líquida en los canales de flujo del cátodo reduce el área de reacción electroquímica efectiva, lo que limita la transferencia de masa y empeora el rendimiento de las celdas.

Referencia: Liu, X.; Guo, H.; Ma, C. Water flooding and two-phase flow in cathode channels of proton exchange membrane fuel cells. *J. Power Sources* **2006**, *156*, 267-280..

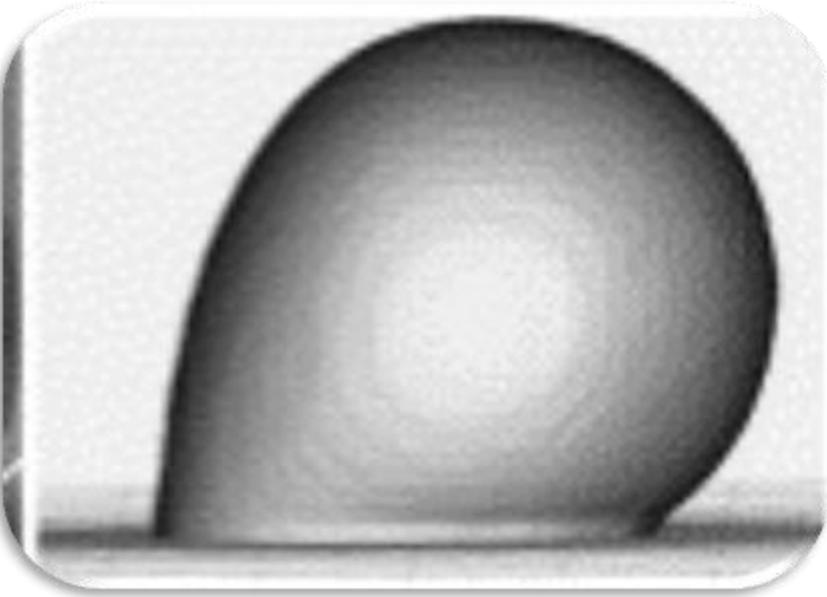
Antecedentes.



Trabold aplica imágenes de neutrones para la investigación de la distribución de las inundaciones de agua, la detección *in situ* la variación en la cantidad de agua que se produce en una celda de combustible en su funcionamiento.

Referencia: Trabold, T.A.; Owejan, J.P.; Jacobson, D.L.; Arif, M.; Huffman, P.R. *In situ* investigation of water transport in an operating PEM fuel cell using neutron radiography: Part 1—Experimental method and serpentine flow field results. *Int. J. Heat Mass Transfer* 2006, 49, 4712-4720.

Antecedentes.



Las pruebas realizadas por Zhang reveló que el rendimiento cambia gradualmente a medida que la humedad relativa disminuyó desde 100% a 25%.

Referencia: Zhang, J.; Tang, Y.; Song, C.; Xia, Z.; Li, H.; Wang, H.; Zhang, J. PEM fuel cell relative humidity (RH) and its effect on performance at high temperatures. *Electrochim. Acta* **2008**, *53*, 5315-5321.



Hidrofóbica



24 horas en secador
5 min secadora de aire caliente



Humectado en agua desmineralizada 24 horas
adquiere una resistencia de 10.9Ω

El problema

Incrementar la humedad relativa para mejorar la conductividad eléctrica y obtener mayores densidades de corriente variando la temperatura de los gases.

- Diseño de serpentín para humectación de combustible. **ETAPA 1**
- Construcción de dispositivo de humectación y ensamble de celdas Peltier para variación de temperatura. **ETAPA 2**
- Caracterización de humedad relativa en función de voltaje suministrado. **ETAPA 3**
- Caracterización de curvas de descarga en función de la humedad relativa. **ETAPA 4**

Hipótesis

Mediante un sistema de humidificación es posible controlar la humedad relativa requerida en la celda para obtener su mayor eficiencia, sin tener que usar costosos sistemas como cámaras de censado térmico o infrarrojas, debido a que la distribución de la temperatura y la humedad en una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) son factores críticos que influyen en el rendimiento de la celda.

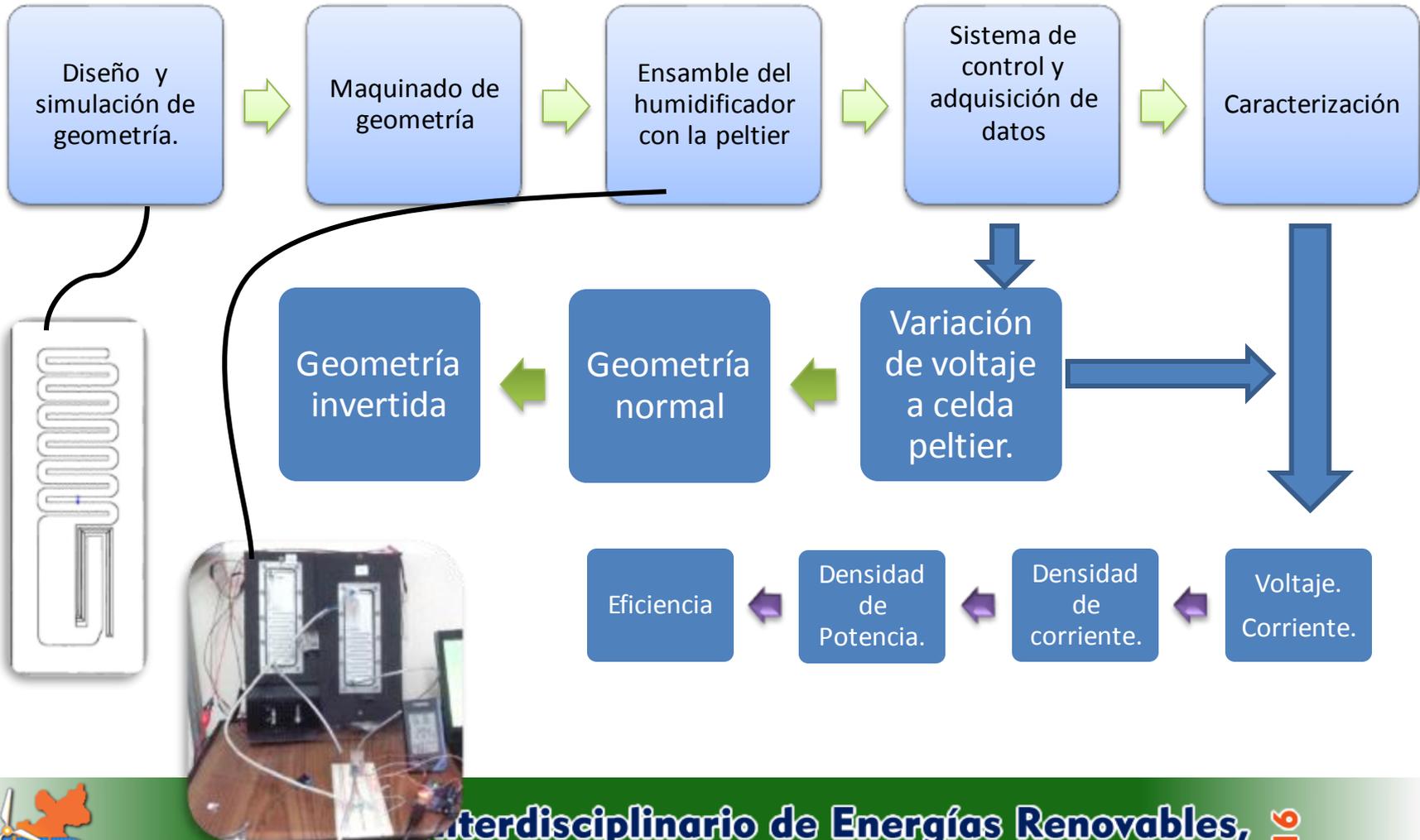
Objetivo General

Diseñar y construir un sistema de humidificación para celdas de combustible de intercambio protónico (PEM), donde podamos controlar el flujo de los gases de entrada para la alimentación de nuestra celda, la temperatura a la que se requiere que los gases sean suministrados y la humedad relativa.

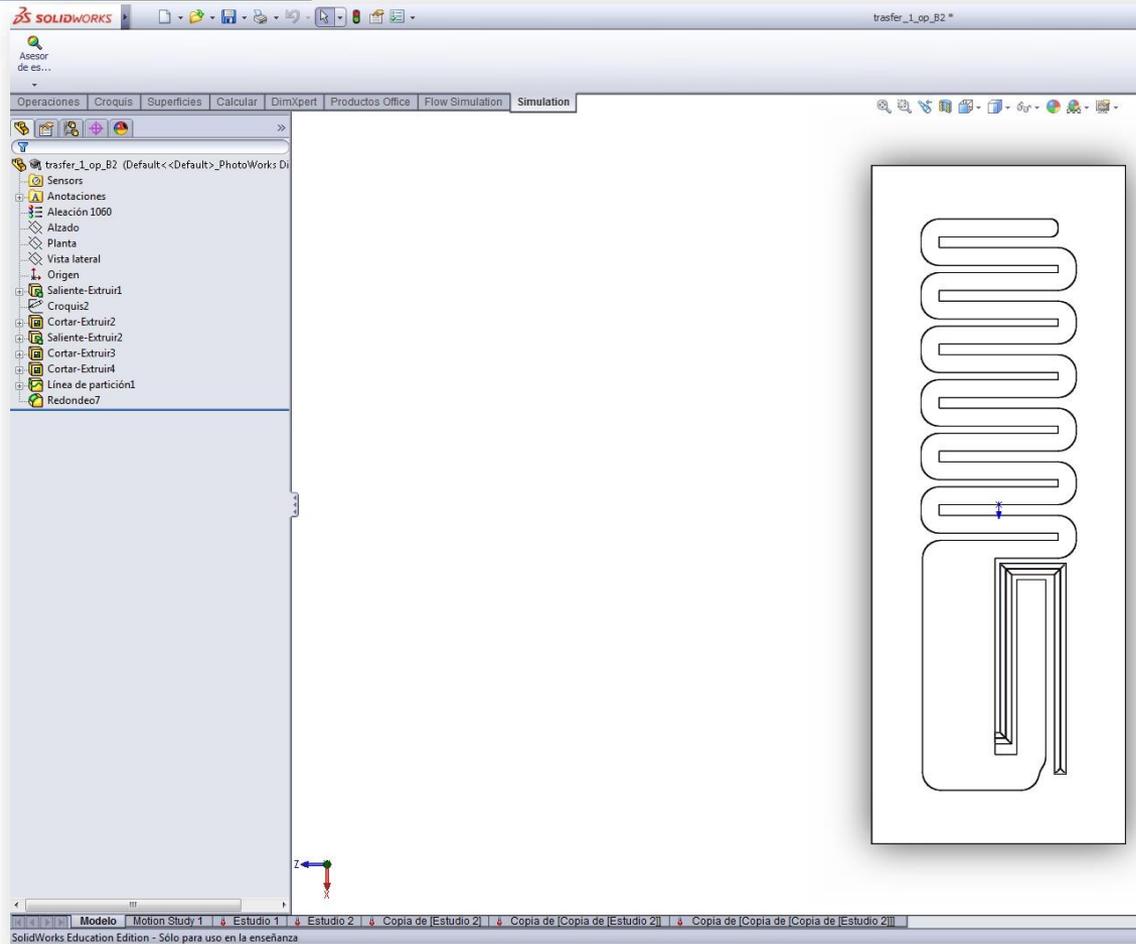
Objetivos Específicos:

1. Diseño de geometría del humidificador.
2. Construcción del equipo de humidificación.
3. Llevar a cabo experimentación con la geometría variando el voltaje de la peltier y la posición para determinar la mejor linealidad de la Humedad Relativa.
4. Integración del sistema de humidificación con el sistema de adquisición de datos.

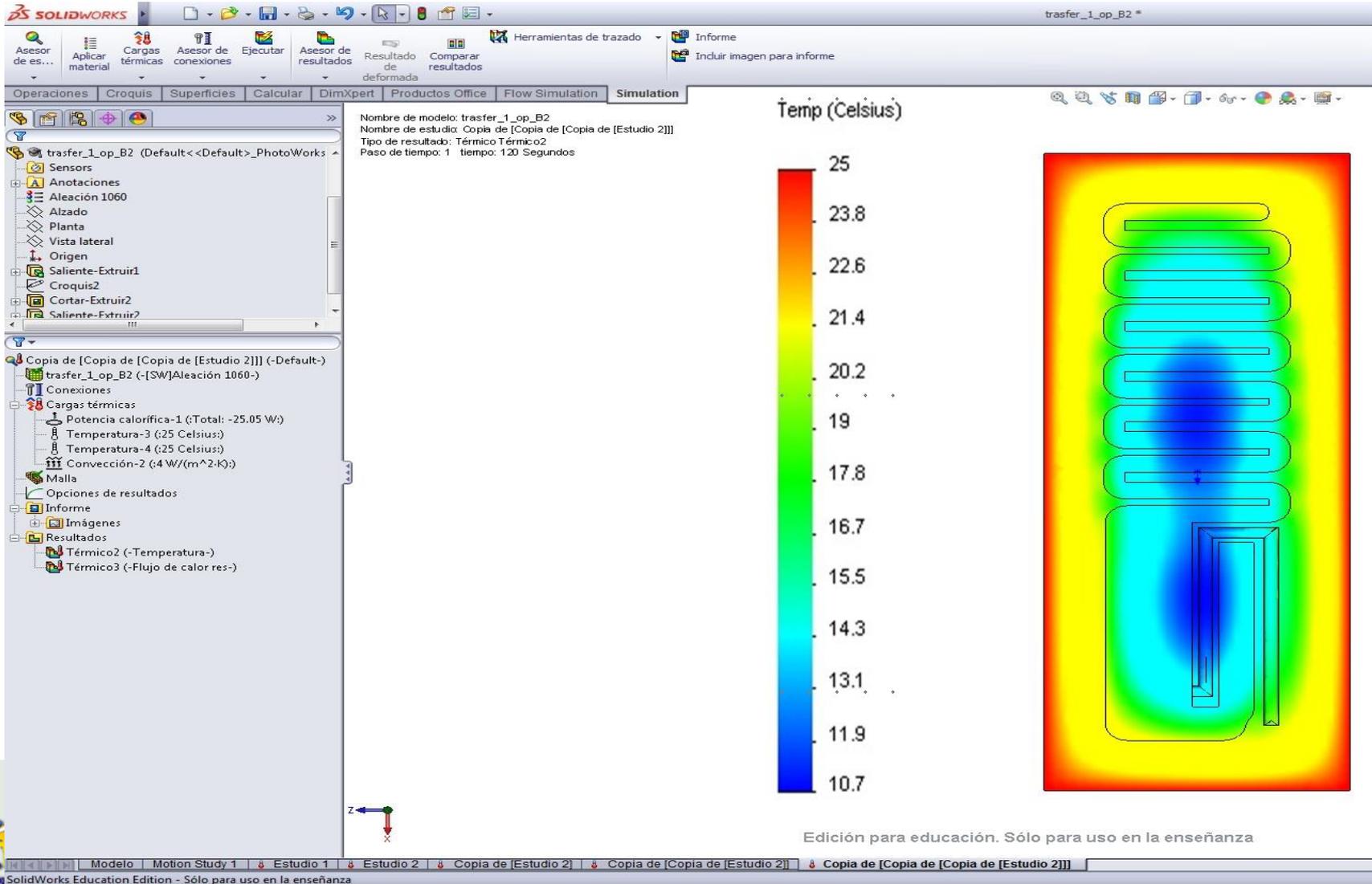
Metodología



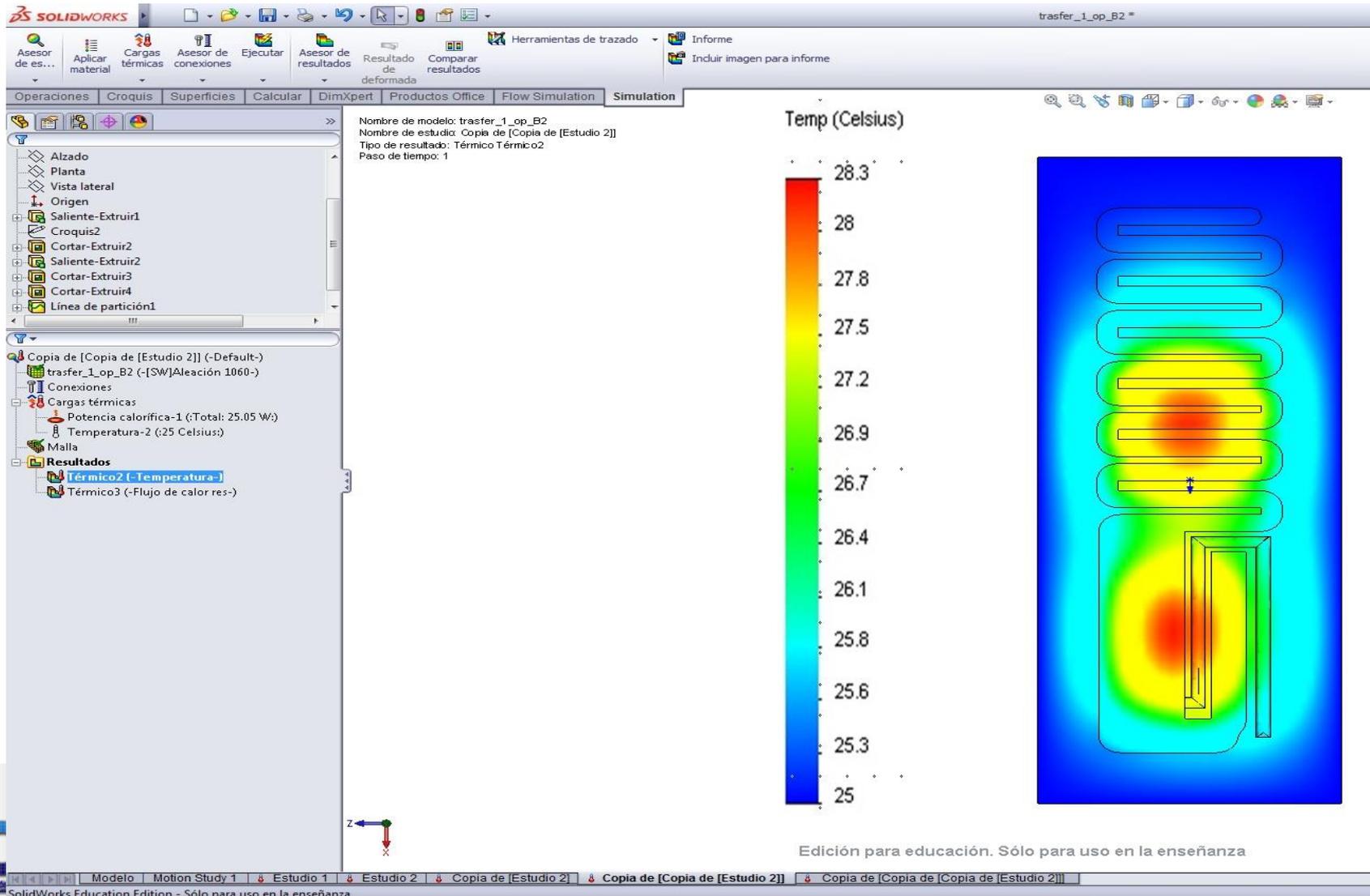
Resultados “Diseño”



RESULTADOS “Simulación”

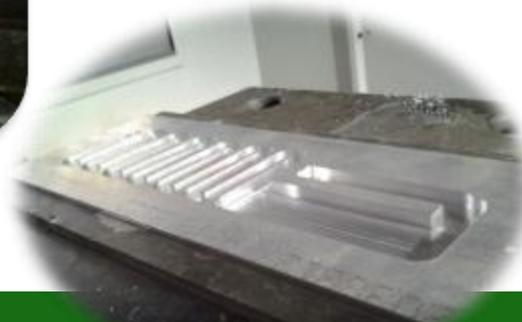


RESULTADOS “Simulación”



Resultados

Maquinado de la geometría



Resultados

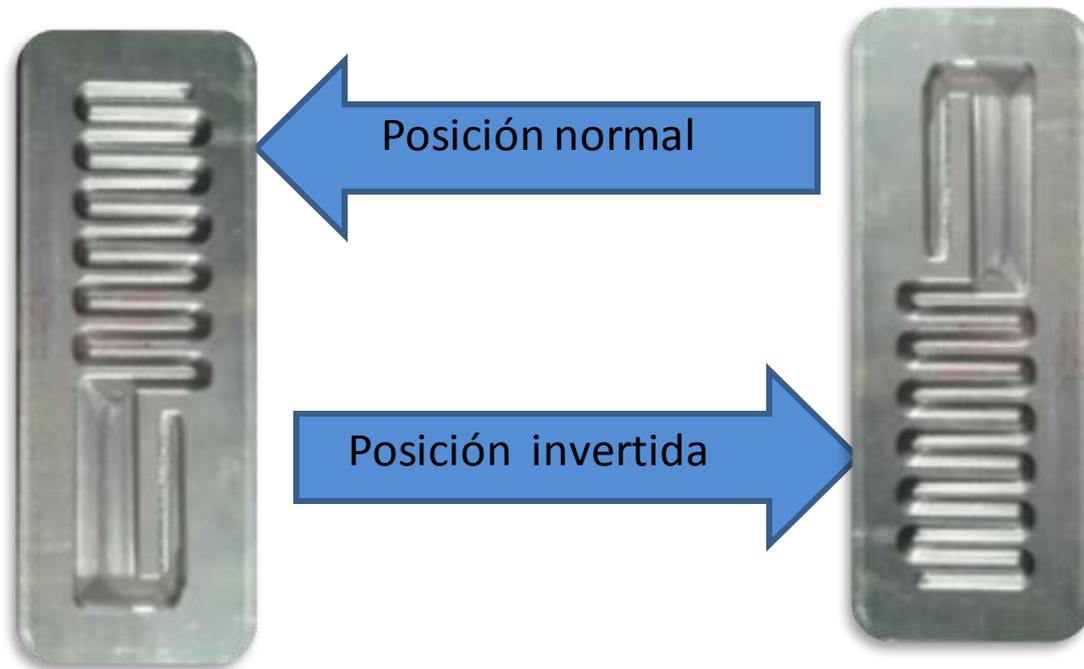
Armado del humidificador con la celda peltier.



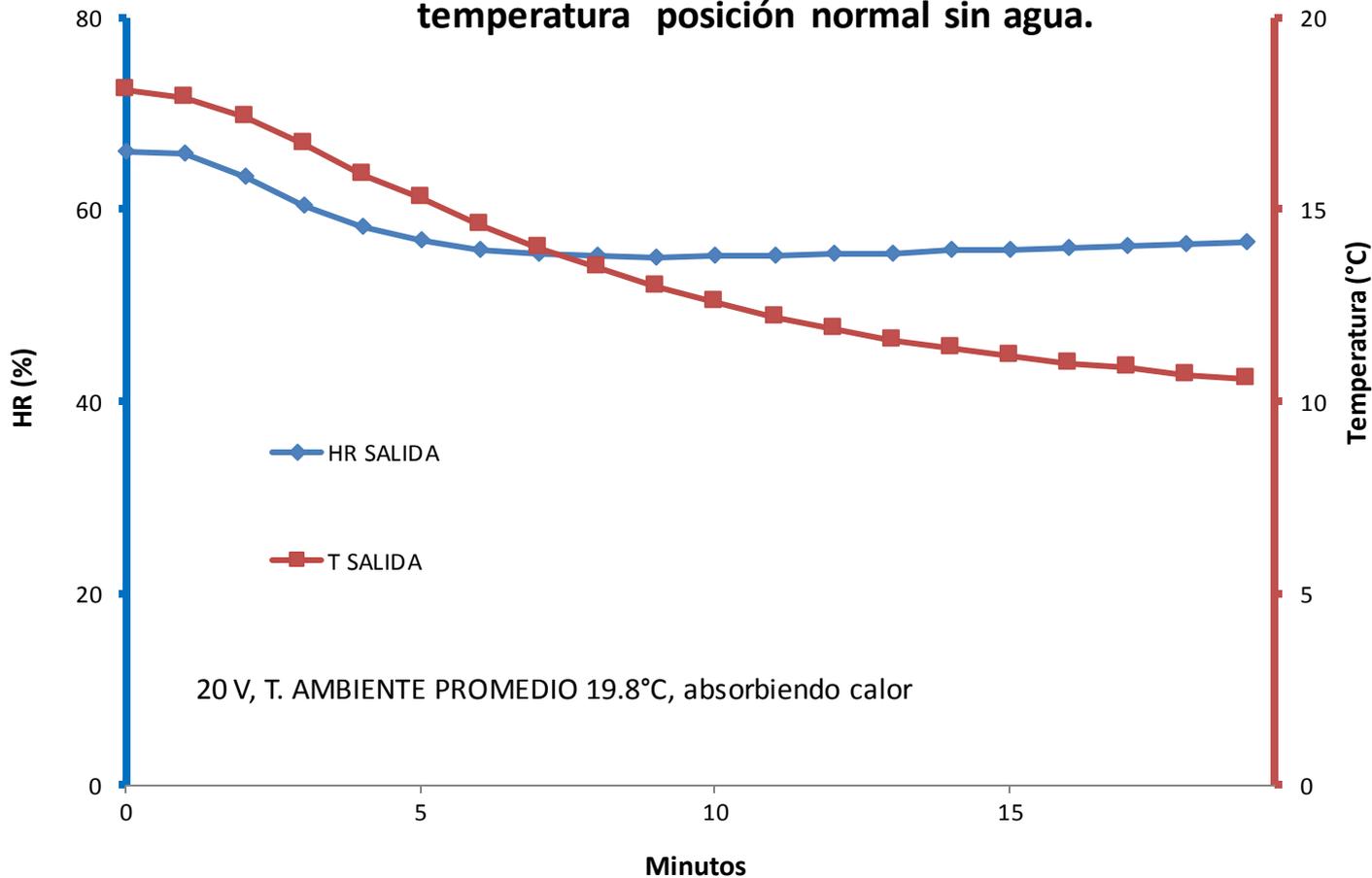
Termo higrómetro OAKITON			
	Humedad Relativa	Rango de Operación	Temperatura
Rango	0 a 99.996 HR	-51.0 a 49.0 °C	0 a 500 °C
Resolucion	0.196 HR	0.1°C	0.1°C
Precision	±2% de 0 a 95% HR	±2.0 °C	±20.6 °C
Temperatura limite para la lectura de la H.R.	0 a 50°C		

Resultados

- Flujo de aire: 30 cm³ /minuto.
- H₂O : 3mL
- Tensión aplicada a la celda peltier: 5, 10, 15 y 20 V.

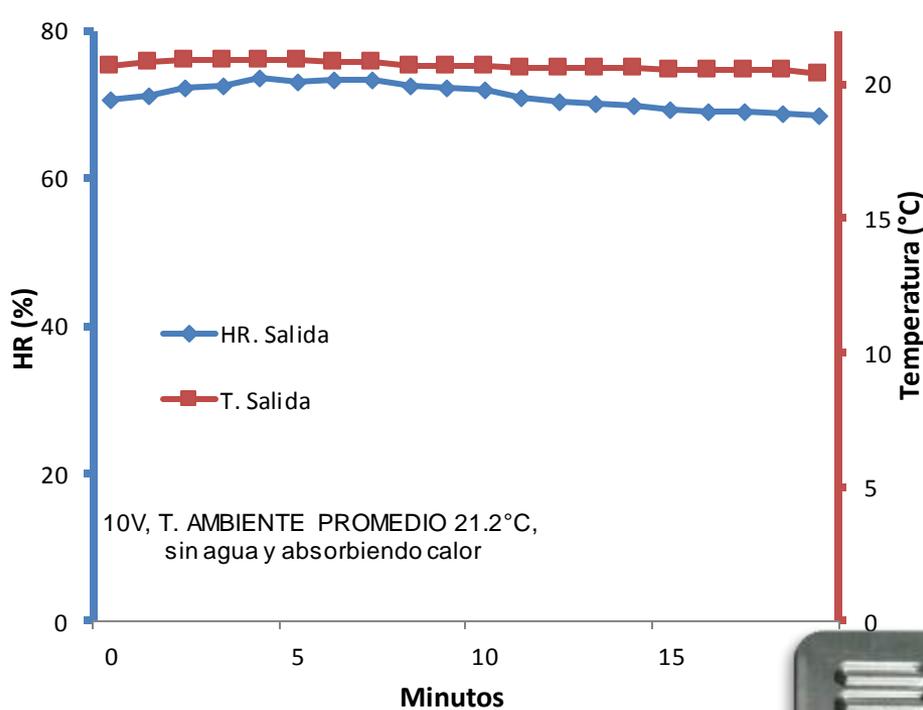


Comportamiento de la HR en función de la temperatura posición normal sin agua.

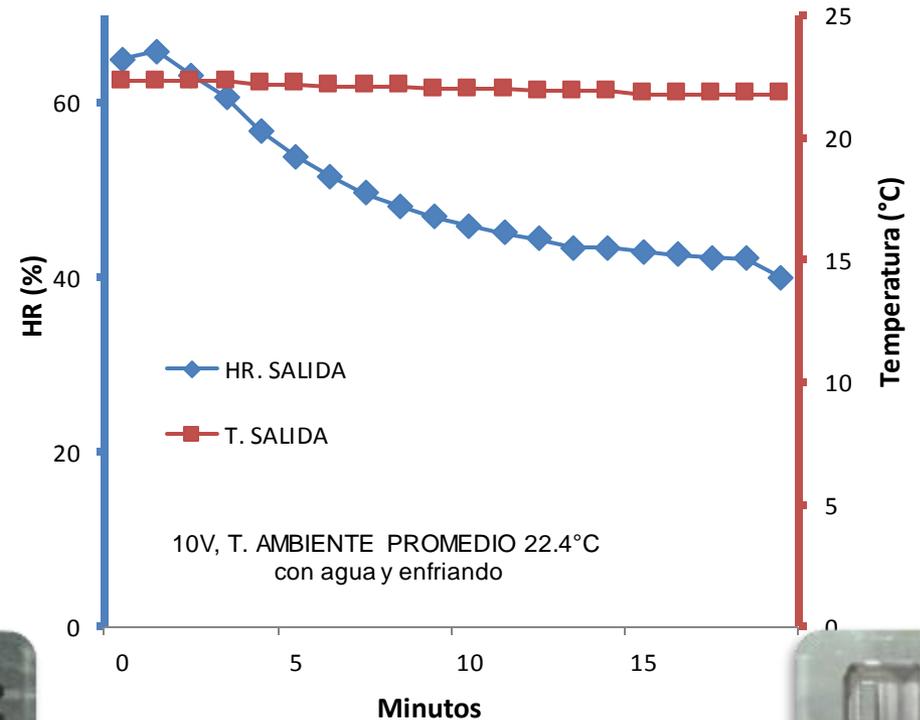


Resultados

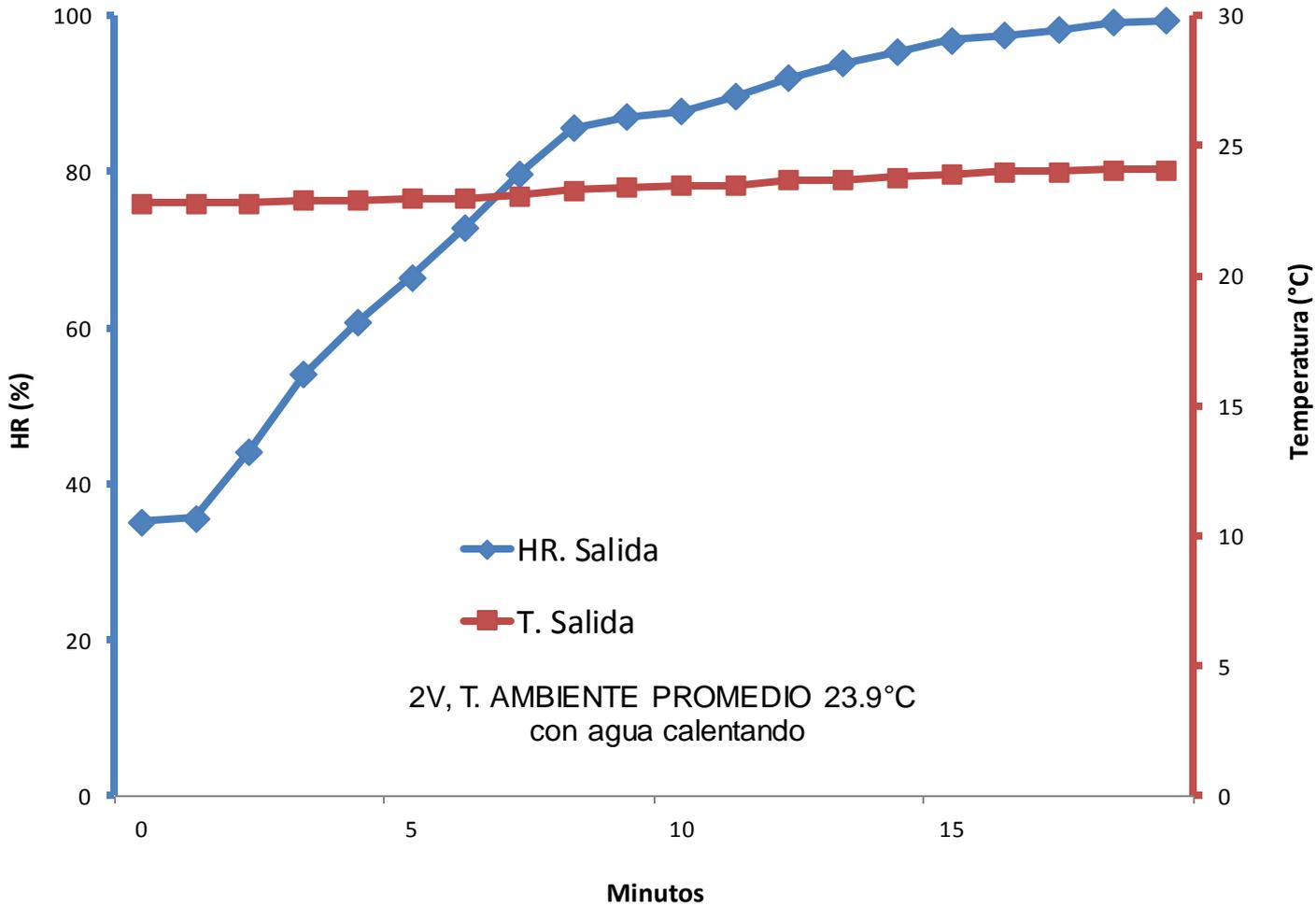
Comportamiento de la HR (%) en función de la temperatura (°C) posición normal



Comportamiento de la HR (%) en función de la temperatura (°C) posición invertida.

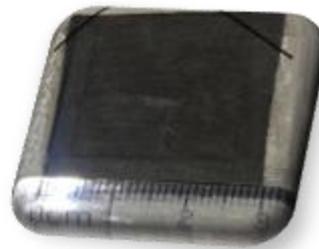


Comportamiento de la HR en función de la temperatura posición normal

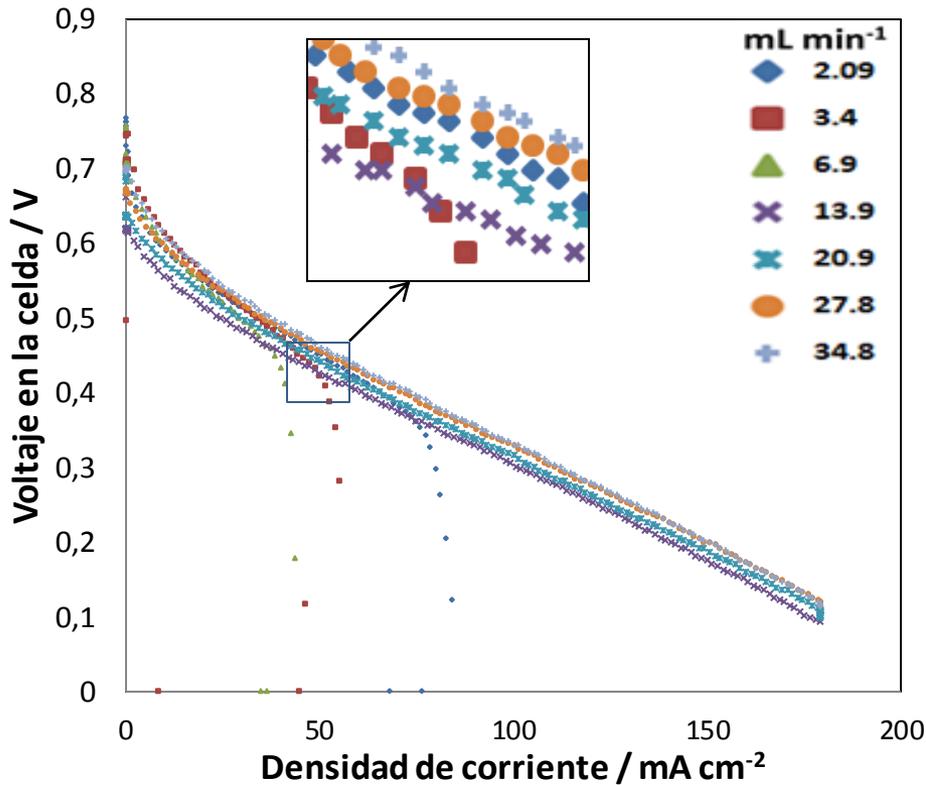


**Determinación del de flujo optimo;
oxidante (O₂) y combustible (H₂).**

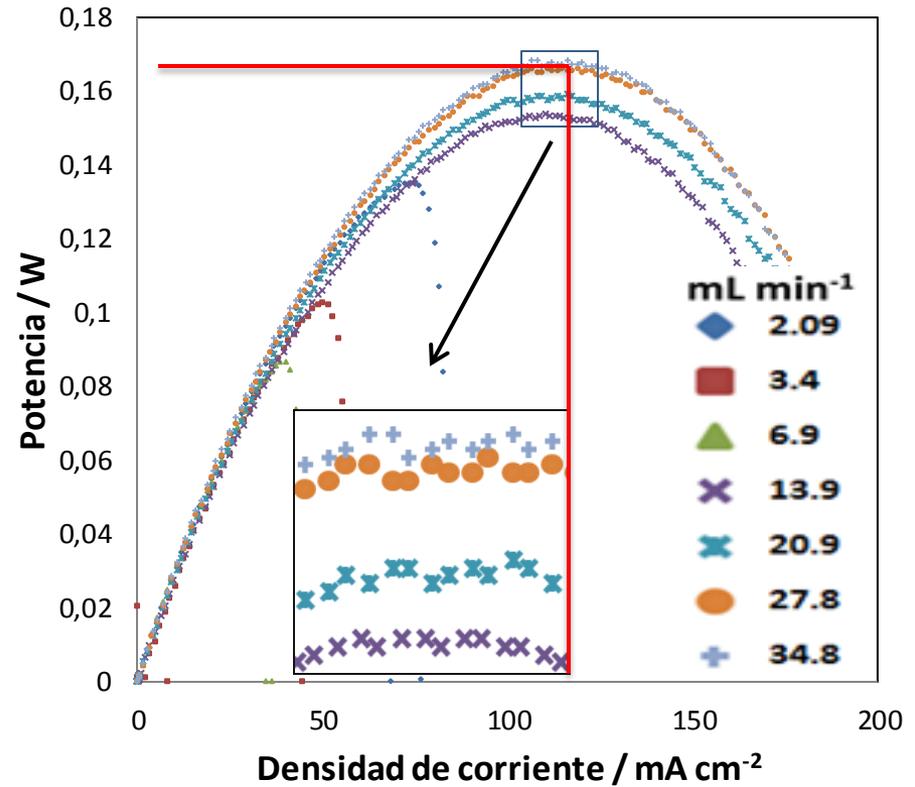
Prueba	Oxidante (O₂) mL min⁻¹	Combustible (H₂) mL min⁻¹
1	2.09	2.09
2	3.4	3.4
3	6.9	6.9
4	13.9	13.9
5	20.9	20.9
6	27.8	27.8
7	34.8	34.8

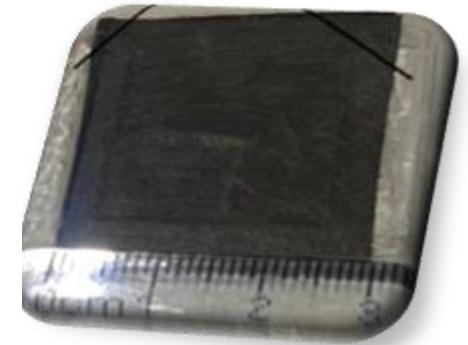


Comparación de flujos en la MEA (Voltaje/ Densidad de

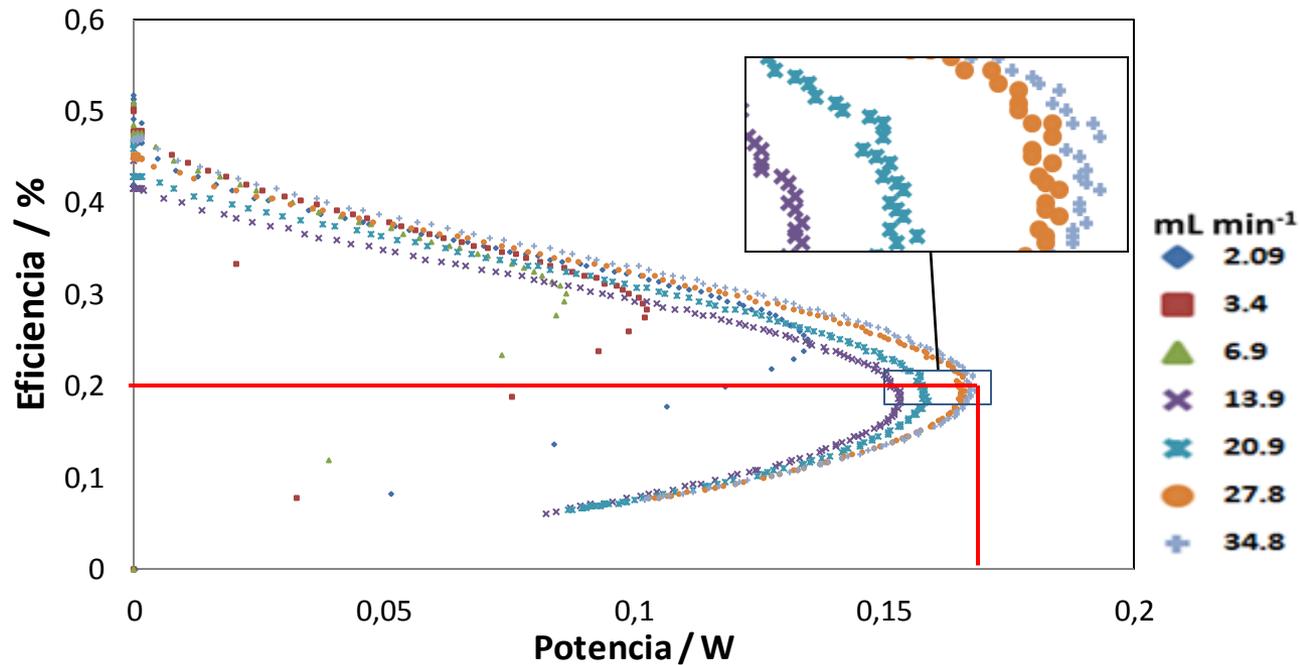


Comparación de flujos en la MEA (Potencia/Densidad de corriente).





Comparación de flujo en la MEA (Eficiencia/Potencia).



Flujo con mejores resultados en la MEA.

Prueba	Oxidante (O ₂) / mL min ⁻¹	Combustible (H ₂) mL min ⁻¹
--------	---	--

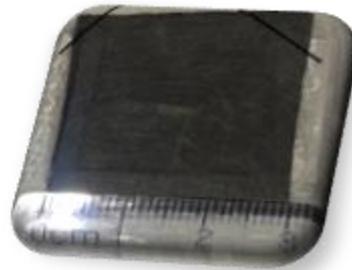
6

27.8

27.8

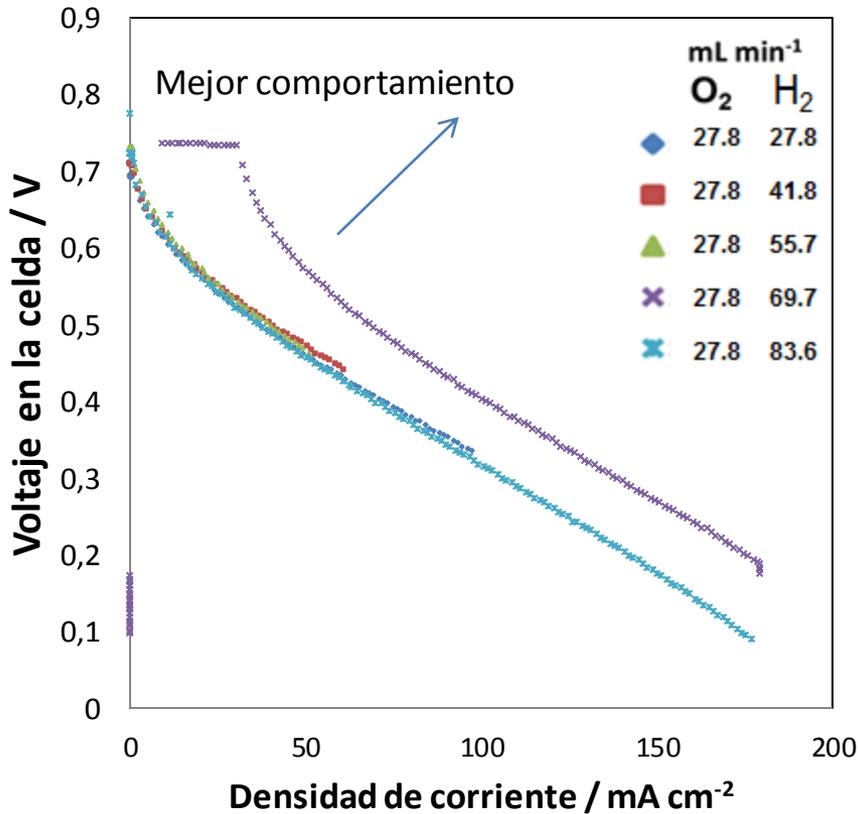
Determinación de mezcla; oxidante (O₂) y combustible (H₂) en la MEA

Prueba	Relación	Oxidante (O ₂) mL min ⁻¹	Combustible (H ₂) mL min ⁻¹
7	1:1	27.8	27.8
8	1:1.5	27.8	41.8
9	1:2	27.8	55.7
10	1:2.5	27.8	69.7
11	1:3	27.8	83.6

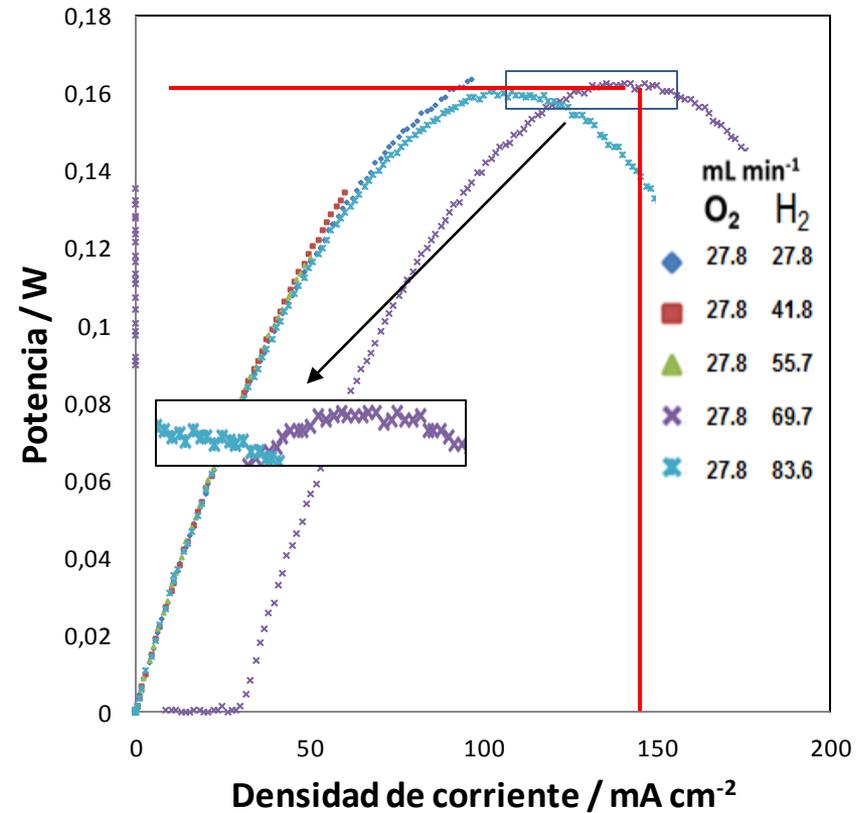




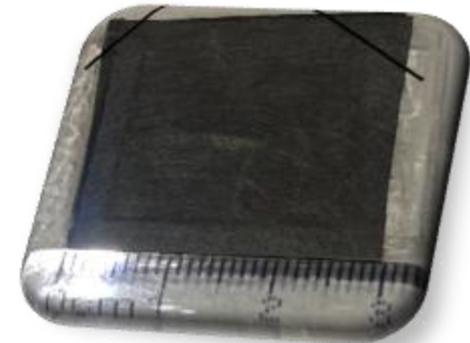
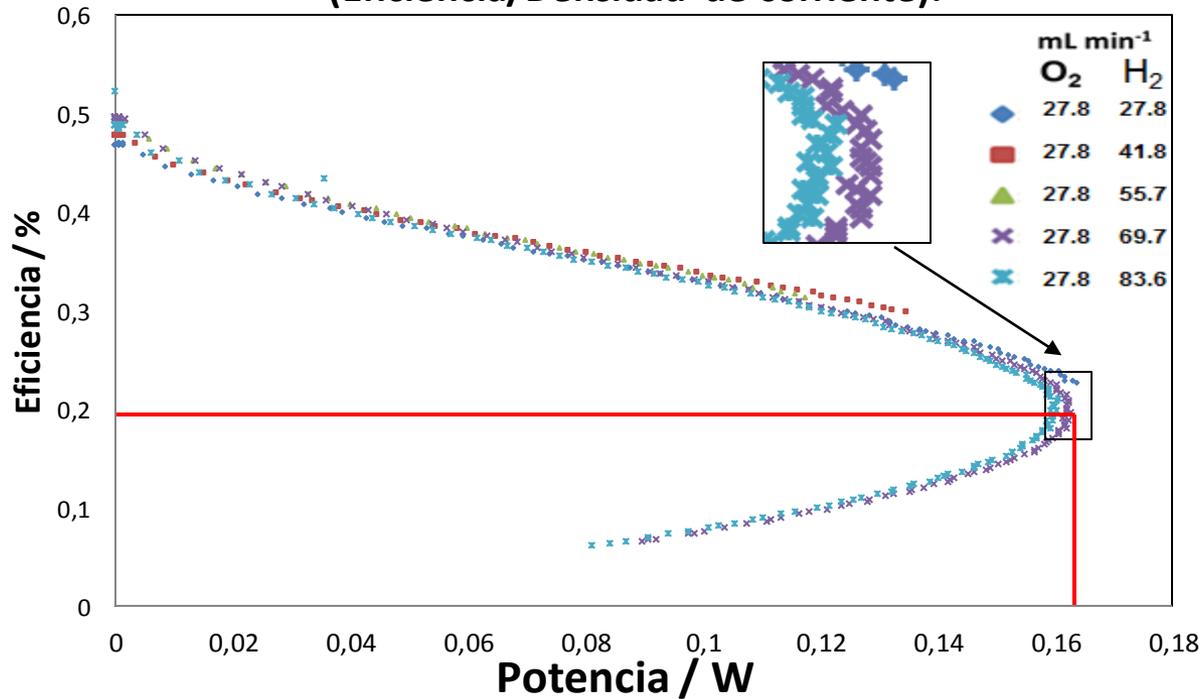
Comparación de los flujos en la MEA
(Voltaje/Densidad de corriente).



Comparación de los flujos en la MEA
(Potencia/Densidad de corriente).



**Comparación de los flujos en la MEA
(Eficiencia/Densidad de corriente).**



Mejor mezcla de gases utilizados en la MEA.

Prueba

Estequiometria

**Oxidante (O₂)/ mL
min⁻¹**

**Combustible (H₂) mL
min⁻¹**

10

1:2.5

27.8

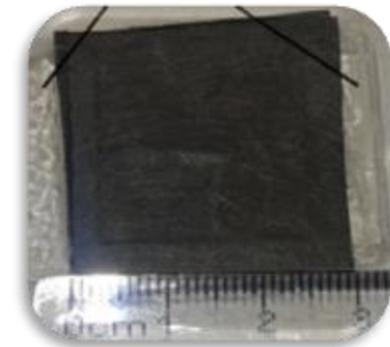
69.7

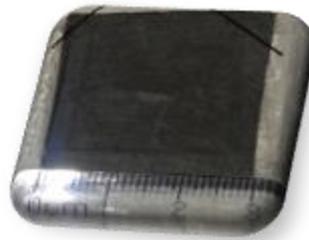
Comprobación de la hipótesis al variar la humedad relativa; oxidante (O_2) y combustible (H_2) utilizados en la MEA.

Prueba	Temperatura en los gases ($^{\circ}C$)	Humedad relativa (%)
12	27.5	50
13	34.7	75
14	40	100

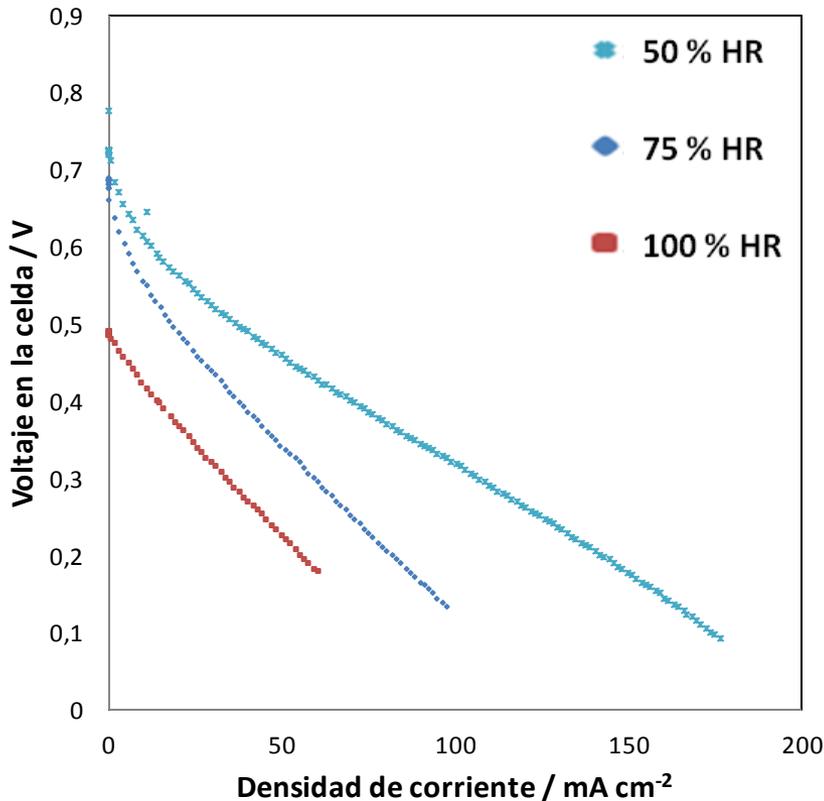


A estas temperaturas el equipo: Probador de celda de combustible no era operacional

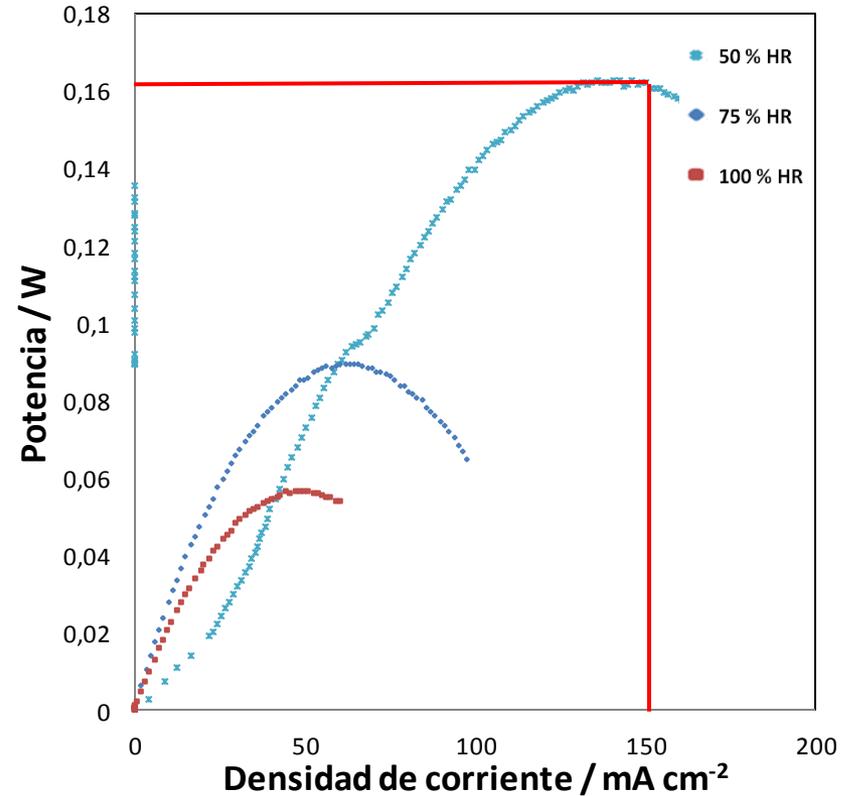




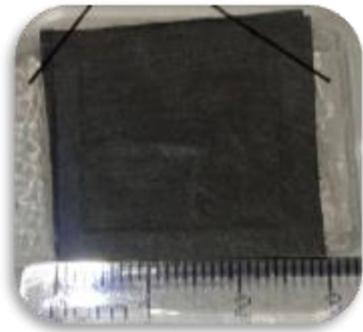
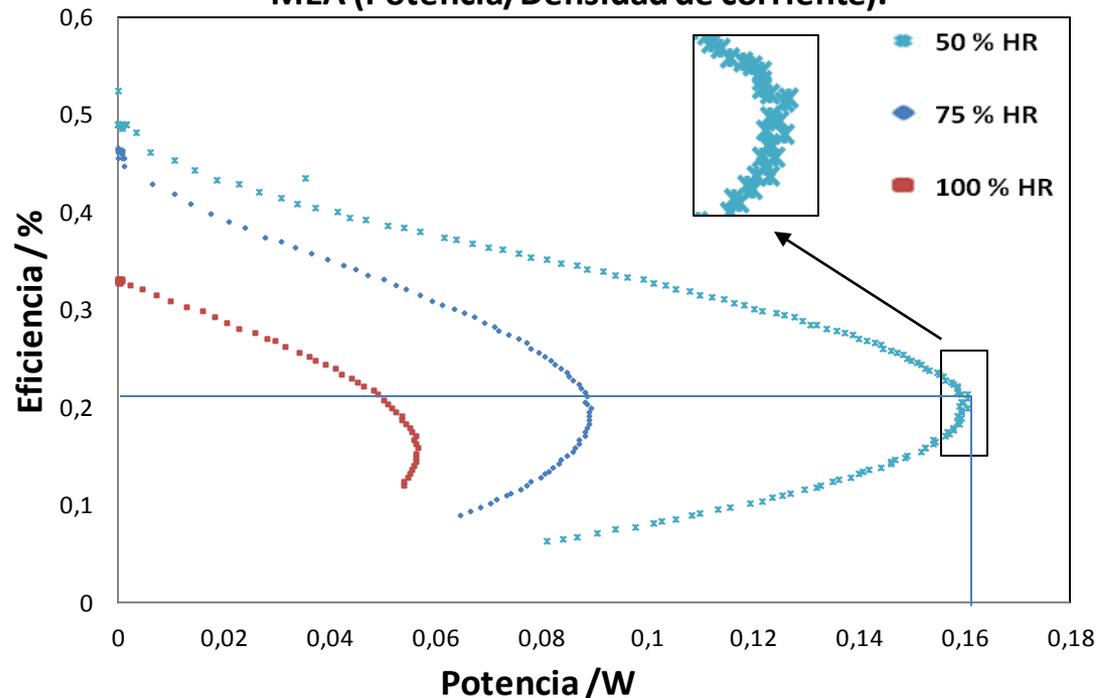
Comparación de resultados de la humedad utilizada en la MEA (Voltaje/Densidad de corriente).



Comparación de resultados de la humedad utilizada en la MEA (Potencia/Densidad de corriente).



Comparación de resultados de la humedad utilizada en la MEA (Potencia/Densidad de corriente).



Humedad relativa con mejores resultados en la MEA

Prueba

**Temperatura
en los gases (°C)**

**Humedad relativa
(%)**

12

27.5

50

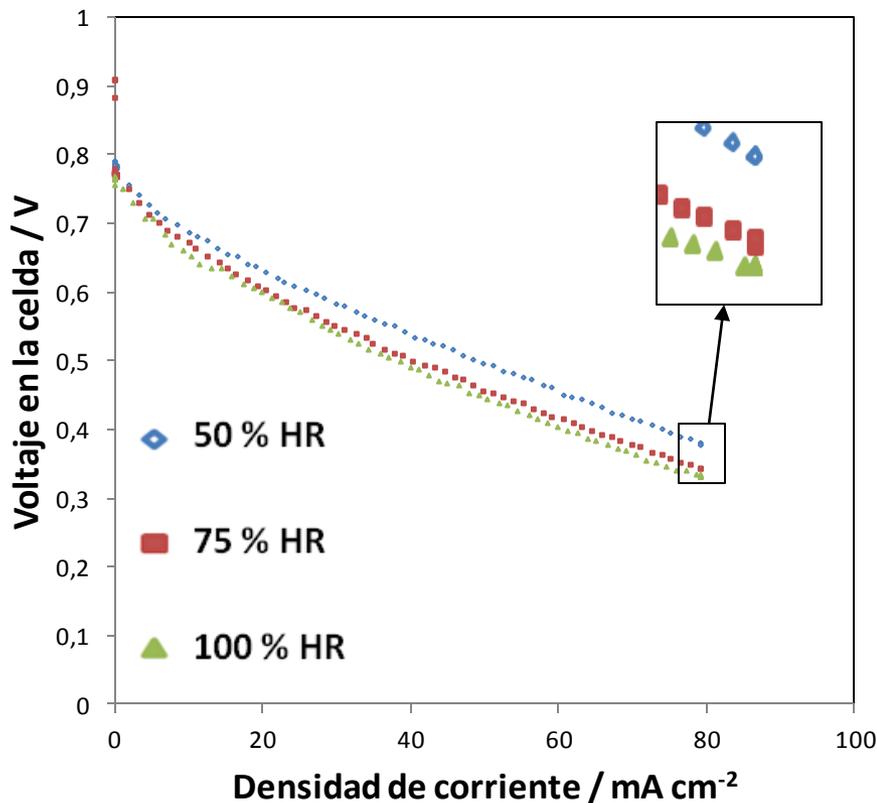


Variación de humedad relativa; oxidante (O_2) y combustible (H_2) en celda de combustible comercial, manteniéndola a 40 °C.

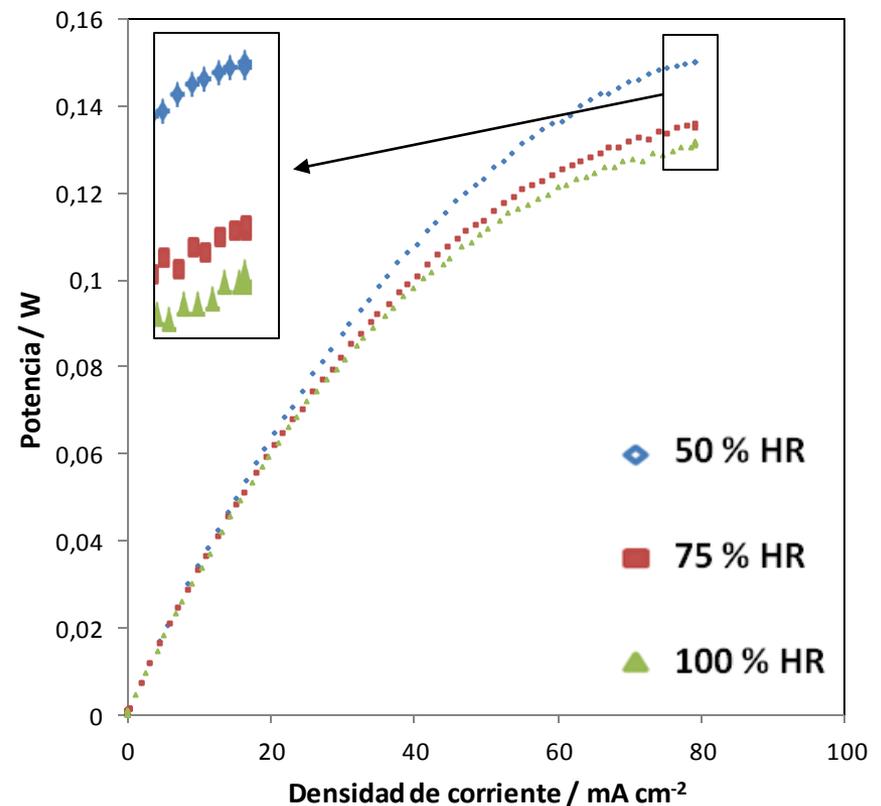
Prueba	Temperatura en los gases (°C)	Humedad relativa (%)
S22	27.5	50
S23	34.7	75
S24	40	100



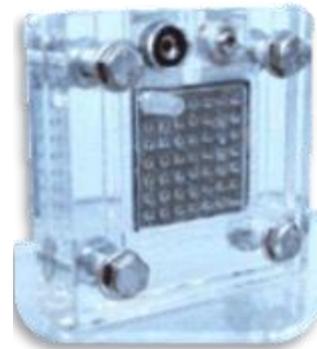
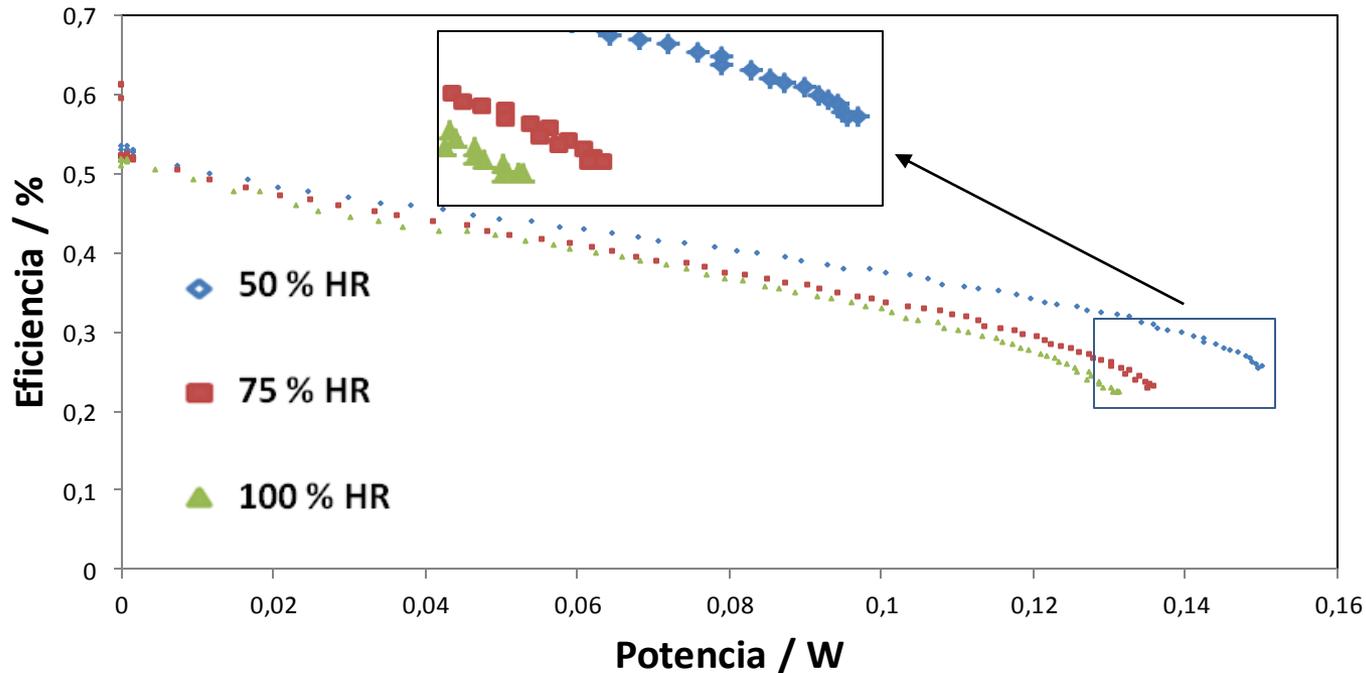
Comparación de humedad relativa en celda de combustible comercial a 40° (Voltaje/Densidad de corriente).



Comparación de humedad relativa en celda de combustible comercial a 40° (Potencia/Densidad de corriente).



Comparación de humedad relativa (s22, s23, s24) en celda de combustible comercial a 40° (Eficiencia/Densidad de corriente).



Mejor humedad relativa, la menor

Prueba

Temperatura

Humedad relativa

22

en los gases (°C)

27.5

(%)

50

Resumen

	Potencia / W	Densidad de corriente / mA cm ⁻²	Eficiencia / %
Relación estequiometrica 1:1 FLUJO 27.8 mL min ⁻¹	0.16	120	23
Relación estequiometrica 1:2.5 O ₂ = 27.8 mL min ⁻¹ H ₂ = 69.7 mL min ⁻¹	0.1602	145.3	23
Relación estequiométrica 1:2.5 Humedad Relativa 50%	0.1605	154.6	25
Relación estequiometrica 1:2.5 Humedad Relativa 50% COMERCIAL	0.1493	77.8	26

Conclusiones

- Se realizaron los diseños para absorción o desorción de humedad quedando finalmente un canal serpentin y un rectángulo.
- Los resultados de la simulación muestran que se puede obtener deltas de temperatura de hasta 14.3 °C.
- El humidificador diseñado debe de cambiar de posición y las Peltier deben de absorber o des-absorber calor, dependiendo de la humedad relativa necesaria.
- La pruebas realizadas con 3 ml de agua muestran que podemos variar la humedad relativa desde 42.8% hasta 100%.
- Se logro el acoplamiento de sistema obteniendo que el mejor desempeño de la celda de combustible se logra al contar con 50% de humedad relativa.

Bibliografía.

1. Wang, C. Y. (2004). Fundamental models for fuel cell engineering. *Chemical Reviews*, 104(10), 4727-4766.
2. Weber, A. Z., & Newman, J. (2004). Modeling transport in polymer-electrolyte fuel cells. *Chemical Reviews*, 104(10), 4679-4726.
3. Kowal, J. J., Turhan, A., Heller, K., Brenizer, J., & Mench, M. M. (2006). Liquid water storage, distribution, and removal from diffusion media in PEFCs. *Journal of the Electrochemical Society*, 153(10), A1971-A1978.
4. Markicevic, B., Bazylak, A., & Djilali, N. (2007). Determination of transport parameters for multiphase flow in porous gas diffusion electrodes using a capillary network model. *Journal of Power Sources*, 171(2), 706-717.
5. Theodorakakos, A., Ous, T., Gavaises, M., Nouri, J. M., Nikolopoulos, N., & Yanagihara, H. (2006). Dynamics of water droplets detached from porous surfaces of relevance to PEM fuel cells. *Journal of Colloid and Interface Science*, 300(2), 673-687.
6. Ous, T., & Arcoumanis, C. (2009). The formation of water droplets in an air-breathing PEMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(8), 3476-3487.

Bibliografía.

7. Gopalan, P., & Kandlikar, S. G. (2011). Investigation of water droplet interaction with the sidewalls of the gas channel in a PEM fuel cell in the presence of gas flow. *ECS Transactions*, 41(1), 479-488.
8. Owejan, J. P., Trabold, T. A., Jacobson, D. L., Arif, M., & Kandlikar, S. G. (2007). Effects of flow field and diffusion layer properties on water accumulation in a PEM fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(17), 4489-4502.
9. Bazylak, A., Sinton, D., & Djilali, N. (2008). Dynamic water transport and droplet emergence in PEMFC gas diffusion layers. *Journal of Power Sources*, 176(1), 240-246.
10. Zhu, X., Sui, P. C., & Djilali, N. (2008). Three-dimensional numerical simulations of water droplet dynamics in a PEMFC gas channel. *Journal of Power Sources*, 181(1), 101-115.
11. Zhang, F. Y., Yang, X. G., & Wang, C. Y. (2006). Liquid water removal from a polymer electrolyte fuel cell. *Journal of the Electrochemical Society*, 153(2), A225-A232.
12. Akhtar, N., Qureshi, A., Scholta, J., Hartnig, C., Messerschmidt, M., & Lehnert, W. (2009). Investigation of water droplet kinetics and optimization of channel geometry for PEM fuel cell cathodes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(7), 3104-3111.



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)