



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **Estudio numérico del impacto de la adición de hidrógeno en la estabilidad de llamas de etanol bajo diferentes niveles de curvatura**

**Francisco Rivadeneira<sup>1</sup>, Luis Lopez<sup>1</sup> y Hernan Olguin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad Técnica Federico Santa María

Av. España 1680 – Valparaíso – CHILE

e-mail : francisco.rivaden.13@sansano.usm.cl, luis.lopezd.12@sansano.usm.cl, hernan.olguin@usm.cl

### **RESUMEN**

La teoría de flamelets [1,2] considera las llamas turbulentas como ensambles de estructuras laminares esencialmente unidimensionales las cuales pueden ser descritas a través de las llamadas ecuaciones de flamelet. En estas últimas, la tasa de estiramiento,  $a$ , y la curvatura de llama,  $\kappa$ , aparecen como parámetros externos que deben ser impuestos. En este trabajo, se resuelven numéricamente dichas ecuaciones [2] para simular llamas de etanol/aire sometidas a niveles de curvatura representativos de fenómenos turbulentos. Luego, se estudia el efecto que tiene la adición de hidrógeno sobre la estabilidad de llama, medida por el máximo valor de  $a$  antes de alcanzar la extinción,  $a_{ext}$ . Los resultados muestran que añadir un 1% de H<sub>2</sub> (en volumen) ya causa un aumento notable de  $a_{ext}$  a partir de  $\kappa < -2000/m$ , mientras que para el rango complementario no se observan cambios significativos.

### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado en el contexto del Proyecto Interno USM PI\_LIR\_2022\_15. FR y LL agradecen a ANID por el financiamiento otorgado a través de las becas Doctorado Nacional 21212269 y 21191795, respectivamente. FR agradece la DPP USM por el apoyo económico proveniente del Programa de Incentivo a la Iniciación Científica (PIIC).

### **REFERENCIAS**

- [1] N. Peters. "Turbulent Combustion", Cambridge University Press, 2000.
- [2] A. Scholtissek, F. Dietzsch, M. Gauding, C. Hasse. "In-situ tracking of mixture fraction gradient trajectories and unsteady flamelet analysis in turbulent non-premixed combustion", Combustion and Flame, 175, pp. 243-258, 2017.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **RECUPERACIÓN AUTOMÁTICA Y ROBUSTA DE FRACCIÓN EN VOLUMEN DE HOLLÍN, TEMPERATURA Y RADIACIÓN EN LLAMAS AXISIMÉTRICAS**

**Felipe Escudero<sup>1</sup>, Victor Chernov<sup>2</sup>, Juan José Cruz<sup>3</sup>, Efraín Magaña<sup>4</sup>,  
Benjamín Herrmann<sup>5</sup>, Rodrigo Demarco<sup>1</sup> y Andrés Fuentes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María. Av. España 1680 – Valparaíso – CHILE. e-mail : felipe.escudero@usm.cl, rodrigo.demarco@usm.cl, andres.fuentes@usm.cl

<sup>2</sup>Department of Engineering, ORT Braude College.

Snunit 51 – Karmiel – ISRAEL. e-mail : chernov@braude.ac.il

<sup>3</sup>Mechanical Engineering Section, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Av. Universitaria 1801 – Lima – PERÚ. e-mail : jjcruz@pucp.edu.pe

<sup>4</sup>Department of Mechanical and Metallurgical Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Av. Vicuña Mackenna 4860 – Santiago – CHILE. e-mail : emmagana@uc.cl

<sup>5</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Chile.

Beauchef 851 – Santiago – CHILE. e-mail : benjaminh@uchile.cl

### **RESUMEN**

Este trabajo presenta una metodología para recuperar propiedades locales del hollín a partir de mediciones integradas en una línea de visión. Se presenta un método de ajuste de la señal capturada por la cámara, y luego, se introduce una Red Neuronal Artificial informada por la ecuación de Abel (ANNAbel). Ambos métodos pueden recuperar la fracción en volumen de hollín, temperatura y radiación satisfactoriamente desde datos experimentales de una llama de etileno, similar a trabajos anteriores pero sin requerir una base de datos para el entrenamiento [1]. ANNAbel mostró una mayor suavidad para las propiedades recuperadas, con errores menores tanto en una evaluación experimental como numérica. ANNAbel también mostró una alta resiliencia al ruido, en contraste con el enfoque de ajuste y los métodos clásicos de deconvolución. Finalmente, el método ANNAbel fue capaz de obtener las propiedades locales incluso con datos corruptos, con un nivel de precisión ligeramente inferior a los datos originales. El resto de los métodos no logró realizar esta tarea. ANNAbel es un enfoque prometedor para la determinación robusta y precisa de las propiedades locales del hollín, lo cual es especialmente importante para obtener propiedades complejas del hollín, como el tamaño y la composición, donde se requiere un tratamiento de datos complejo y los resultados son sensibles al ruido.

### **Agradecimientos**

F. Escudero agradece el apoyo financiero de ANID a través del proyecto Fondecyt Iniciación 11241102.

### **Referencias**

[1] Rodríguez, A., Escudero, F., Cruz, J. J., Carvajal, G., & Fuentes, A. (2021). Retrieving soot volume fraction fields for laminar axisymmetric diffusion flames using convolutional neural networks. *Fuel*, 285, 119011.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **RECONSTRUCCIÓN DE CAMPOS DE TEMPERATURA EN LLAMAS AXISIMÉTRICAS MEDIANTE ESTRATEGIAS DE SPARSE SENSOR PLACEMENT**

**Constanza López<sup>1</sup>, Benjamín Herrmann<sup>2</sup>, Rodrigo Demarco<sup>1</sup> y Felipe Escudero<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María.

Av. España 1680 – Valparaíso – CHILE

e-mail : constanza.lopezl@sansano.usm.cl, felipe.escudero@usm.cl, rodrigo.demarco@usm.cl

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Chile

Beauchef 851 – Santiago – CHILE

e-mail : benjaminh@uchile.cl

### **RESUMEN**

Este trabajo aplica estrategias de Sparse Sensor Placement Reconstruction [1] para obtener campos de temperatura en llamas axisimétricas. Se utiliza un set base de llamas simuladas considerando modelos detallados de química y generación de partículas, obtenidos para diferentes combustibles y quemadores. El set base es aumentado con variaciones aleatorias de distribución, magnitud y geometría, dentro de rangos esperados. A este conjunto se le aplican técnicas descomposición en valores singulares con el objetivo de reducir la dimensionalidad de los datos; y descomposición QR [2] para la selección de las ubicaciones óptimas de los sensores junto con restricciones adecuadas. Se obtienen las posiciones óptimas para realizar mediciones puntuales, complementando la información entregada por técnicas ópticas no-intrusivas de emisión espectral del hollín, permitiendo reconstruir íntegra y precisamente los campos de temperatura, incluso en zonas donde no existen mediciones. Esta metodología fue testada en distintas llamas: (1) similares y (2) con diferencias significativas respecto al set de entrenamiento. En (1) los resultados muestran una alta capacidad de reconstrucción con sólo 10 sensores, con 185K de error máximo fuera de la zona de hollín y 100K dentro, mientras que en (2) con 20 sensores el error máximo alcanza los 232K y 182K, respectivamente.

### **Agradecimientos**

F. Escudero agradece el apoyo financiero de ANID a través del proyecto Fondecyt Iniciación 11241102.

### **REFERENCIAS**

- [1] K. Manohar, B. W. Brunton, J. N. Kutz, and S. L. Brunton, "Data-driven sparse sensor placement for reconstruction: Demonstrating the benefits of exploiting known patterns," *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 38, no. 3, pp. 63–86, June 2018.
- [2] N. Karnik, M. G. Abdo, C. E. Estrada-Perez, J. S. Yoo, J. J. Cogliati, R. S. Skifton, P. Calderoni, S. L. Brunton, and K. Manohar, "Constrained optimization of sensor placement for nuclear digital twins," *IEEE Sensors Journal*, vol. 24, no. 9, pp. 15 501–15 516, May 2024.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



**Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional**

## **ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DE FLAMELETS EN UNA LLAMA TRIPLE**

**Luis López<sup>1</sup>, Hernán Olguín<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad Técnica Federico Santa María  
Av. España 1680 – Valparaíso – CHILE  
e-mail : luis.lopezd.12@sansano.usm.cl, hernan.olguin@usm.cl

### **RESUMEN**

Según la teoría clásica de la combustión, los flamelets son estructuras de llama laminares esencialmente unidimensionales que, en conjunto, componen una llama turbulenta. Estas estructuras surgen en los límites de combustión premezclada o no-premezclada, donde la topología de la coordenada del flamelet, representada en variables como la tasa de deformación y la curvatura de las iso-superficies asociadas, afecta localmente a la estructura de llama. Sin embargo, se sabe que en muchas situaciones de importancia técnica dichos límites interactúan entre sí en lo que suele llamarse régimen parcialmente premezclado. Cuando esto ocurre, extensiones bidimensionales de la teoría clásica se vuelven necesarias [1]. En este trabajo, se realizan simulaciones computacionales de una llama triple mediante un código desarrollado en OpenFOAM [2]. Con la información obtenida, se examina la importancia relativa de los distintos términos que aparecen en las ecuaciones de flamelet 2D recientemente desarrolladas en la literatura [1] en un espacio de composición ortogonal y se comparan con una solución previa con topología simplificada [1]. A través de esta comparación se observa que las desviaciones del caso simplificado tienen efectos significativos sobre la estratificación local de combustible, lo que modifica los perfiles de temperatura y fracciones másicas de especies.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Sociedad Chilena de Mecánica Computacional por la organización de este evento. Los autores también agradecen a ANID por apoyo financiero de la beca de Doctorado 21191795.

### **REFERENCIAS**

- [1] H. Olguin, P. Domingo, L. Vervisch, C. Hasse, A. Scholtissek, "A self-consistent extension of flamelet theory for partially premixed combustion", *Combustion and Flame*, vol 255, pp. 112911, 2023.
- [2] "Openfoam v5 user guide", T. O. Foundation, 2017.



**XXII Congreso Chileno de  
Mecánica Computacional**  
3 y 4 de octubre de 2024  
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de  
Mecánica Computacional

## **MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE LA COMBUSTIÓN DE MEZCLAS DE HIDRÓGENO CON HIDROCARBUROS**

**Matías Carrión<sup>1</sup> y Cristian Chávez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Serena  
Benavente 980 – La Serena – CHILE  
e-mail : matias.carrion@userena.cl, cchavez@userena.cl.

### **RESUMEN**

La combustión genera calor y productos en su reacción, como el dióxido de carbono, cuyas emisiones se encuentran entre las principales causas del calentamiento global. La estrategia nacional del hidrógeno busca el crecimiento del uso de este gas en procesos de combustión, como una alternativa sustentable. Este trabajo tiene por objetivo estudiar la combustión de mezclas de hidrógeno verde con diferentes hidrocarburos empleando modelación computacional, con un código en Python para calcular y almacenar las propiedades de las mezclas a diferentes concentraciones. Adicionalmente, se utilizará el software OpenModelica para predecir procesos de combustión de diferentes hidrocarburos con hidrógeno. Los resultados permiten determinar los índices de reducción de emisiones al emplear hidrógeno en las mezclas, y la variación en los productos para situaciones de combustión ideal, con exceso o déficit de aire, los cuales serán verificados de forma analítica empleando balances estequiométricos. La conclusión de este trabajo se centra en principalmente estudiar el efecto del hidrógeno verde como alternativa para reducir las emisiones de dióxido de carbono en procesos de combustión doméstico-industriales, junto con conocer las cantidades de combustibles requeridas de cada gas para lograr la combustión requerida.

### **Agradecimientos**

Facultad de Ingeniería FIULS, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de La Serena